

ISSN 3154-813X (Print)
ISSN 3154-8148 (Online)

Міністерство освіти і науки України
Херсонський державний аграрно-економічний університет



Таврійський науковий вісник

**Серія:
Сільськогосподарські науки**

**Випуск 148
Частина 1**



Видавничий дім
«Гельветика»
2026

*Рекомендовано до друку вченою радою Херсонського державного аграрно-економічного університету
(Протокол № 12 від 23.04.2026)*

Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки / Херсонський державний аграрно-економічний університет. Одеса : Видавничий дім «Гельветика», 2026. Вип. 148. Ч. 1. 410 с.

На підставі Наказу Міністерства освіти і науки України від 14.05.2020 № 627 (додаток 2) журнал внесений до Переліку фахових видань України (категорія «Б») у галузі сільськогосподарських наук (Е2 – Екологія, Н1 – Агрономія, Н2 – Тваринництво, Н5 – Водні біоресурси та аквакультура).

Журнал включено до міжнародної наукометричної бази Index Copernicus International
(Республіка Польща)

Реєстрація суб'єкта у сфері друкованих медіа: Рішення Національної ради України з питань телебачення і радіомовлення No 2933 від 24.10.2024 року. Ідентифікатор медіа R30-05566.

Суб'єкт у сфері друкованих медіа – Херсонський державний аграрно-економічний університет
(вул. Стрітенська, буд. 23, м. Херсон, 73006; office@ksaeu.kherson.ua, тел. +38(050) 571-19-13).

Мова видання: українська, англійська, німецька, польська.

Статті у виданні перевірені на наявність плагіату за допомогою програмного забезпечення
StrikePlagiarism.com від польської компанії Plagiat.pl.

Головний редактор:

Аверчев О.В. – доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри землеробства, Херсонський державний аграрно-економічний університет.

Члени редакційної колегії:

Валентюк Н. О. – кандидат технічних наук, старший дослідник, старший науковий співробітник відділу первинного та елітного насінництва, Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України;

Гамаюнова В.В. – доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувачка кафедри землеробства, геодезії та землеустрою, Миколаївський національний аграрний університет;

Домарацький Є. О. – доктор сільськогосподарських наук, професор, заступник директора з наукової та інноваційно-інвестиційної роботи, Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насінництва та сортозвичення;

Жуйков О.Г. – доктор сільськогосподарських наук, професор, професор кафедри землеробства, Херсонський державний аграрно-економічний університет;

Лавренко С.О. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри землеробства, проректор з наукової роботи та міжнародної діяльності, доцент кафедри землеробства, Херсонський державний аграрно-економічний університет;

Пічура В.І. – доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри екології та сталого розвитку імені професора Ю.В. Пилипенка, Херсонський державний аграрно-економічний університет;

Александр Адамович – доктор сільськогосподарських наук, професор, Латвійський університет біологічних наук та технологій, Латвія;

Еркан Кан – Ph.D., професор, завідувач кафедри аквакультури, факультет рибного господарства, Ізмірський університет Катіпа Челебі; президент та співзасновник Товариства сталого водного дослідження (SSAR), Ізмір, Туреччина;

Славка Христова Калапчиева – доктор філософії, доцент, селекціонер кафедри гороху овочевого, Науково-дослідний інститут овочевих культур імені Маріца, Пловдив, Болгарія;

Етер Карашвілі – кандидат наук, професор, професор, завідувач кафедри мікроекономіки, Тбіліський державний університет імені Іване Джавахішвілі, Грузія;

Катаржина Лип-Вроньська – PhD (інженерія), ад'юнкт, асистент-професор, AGH Університет у Кракові, Факультет менеджменту, кафедра управління підприємством, Польща.

ЗЕМЛЕРОБСТВО, РОСЛИННИЦТВО, ОВОЧІВНИЦТВО ТА БАШТАННИЦТВО

AGRICULTURE, CROP PRODUCTION,
VEGETABLE AND MELON GROWING

УДК 528.88: 504.064

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.1.1>

АГРОЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ ІЗ ЗАЛУЧЕННЯМ ТЕХНОЛОГІЙ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ В УКРАЇНІ: СИСТЕМАТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

Аверчев О.В. – д.с.-г.н., професор,
завідувач кафедри землеробства,
Херсонський державний аграрно-економічний університет
orcid.org/0000-0002-8333-2419

Лиховид П.В. – д.с.-г.н., провідний науковий співробітник,
відділ зрошуваного землеробства та декарбонізації агроєкосистем,
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-0314-7644

Грановська Л.М. – д.е.н., професор, член-кореспондент
Національної академії аграрних наук України,
завідувач відділ зрошуваного землеробства та декарбонізації агроєкосистем,
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0001-7021-3093

Чабан В.О. – д.с.-г.н., професор кафедри безпеки життєдіяльності
та професійно-прикладної фізичної підготовки,
Херсонська державна морська академія
orcid.org/0000-0003-0900-2128

Максимов Д.О. – к.с.-г.н., науковий співробітник,
відділ зрошуваного землеробства та декарбонізації агроєкосистем,
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0009-0001-7461-6321

Агроєкологічний моніторинг – основа розвитку сільського господарства на засадах екологічно безпечного використання природних ресурсів і довкілля. Використання традиційних методів спостереження за агроєкосистемами вимагає великих витрат праці,



© Аверчев О.В., Лиховид П.В., Грановська Л.М., Чабан В.О., Максимов Д.О., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

капіталовкладень і витрат часу. Крім того, традиційні методи у вигляді наземних зйомок і спостережень не можуть забезпечити належної оперативності, динамічного контексту, уніфікованості та простоти трансферу агроекологічних даних, придатних до прямої машинної обробки і аналізу в сучасних геоінформаційних системах і системах точного землеробства. На сучасному етапі розвитку науки і техніки основою і стандартом агроекологічних зйомок є залучення даних дистанційного зондування Землі як такого способу отримання об'єктивної інформації про агроекосистеми, що відповідає усім сучасним критеріям і вимогам, що ставляться до наукових систем спостереження довкілля, а саме: об'єктивність, репрезентативність, ретроспективність, оперативність, масштабованість, комплексність, універсальність та інтероперабельність, динамічність, придатність до математико-статистичної обробки, моделювання та прогнозування, інтегрованість у геоінформаційні системи, прозорість і можливість верифікації даних, гнучкий багаторівневий трансфер результатів досліджень та відповідних рішень у виробничу сферу. За результатами систематичного ретроспективного аналізу наукових джерел щодо дистанційного агроекологічного моніторингу в Україні встановлено, що в останнє десятиліття спостерігається стрімкий ріст зацікавленості наукової спільноти у вивченні даного питання. Передовою науковою установою щодо питань супутникового агроекологічного моніторингу в Україні є Інститут агроекології і природокористування. Українська наука у цій сфері проблемно-орієнтована. Основна увага українських агроекологів зосереджена на проблемах ерозії, деградації та збереження родючості ґрунтів, моніторингу стану агроекосистем і агрокліматичних впливів із використанням як традиційних вегетаційних індексів (NDVI), так і деяких специфічних індексів (NDSI, BSI, EVI-S) для виконання більш деталізованих вузькопрофільних досліджень. В цілому, результати систематичного огляду літератури свідчать про бурхливий розвиток галузі агроекологічного дистанційного моніторингу і прагнення вітчизняної наукової спільноти перелаштувати національний сектор екологічних досліджень на міжнародні стандарти і технології. Основними прогалинами у сучасному агроекологічному моніторингу в Україні є недостатня науково-методична база та нормативно-правове регулювання екологічного моніторингу засобами дистанційного зондування, а також доволі обмежене коло використовуваних параметрів і технічних засобів, особливо технологій машинного та глибокого навчання, для реалізації якісного багатогранного моніторингу стану агроекосистем на всіх рівнях (ґрунт, водні ресурси, клімат, рослини тощо).

Ключові слова: агроекологія, геоінформаційні системи, моніторинг екологічних процесів агроекосистем, наукові засади, супутниковий моніторинг.

Averchev O.V., Lykhovyd P.V., Hranovska L.M., Chaban V.O., Maksymov D.O.
Agroecological monitoring using remote sensing in Ukraine: A systematic literature review

Agroecological monitoring is the basis for the development of agriculture on the principles of ecologically safe use of natural resources and environmental friendliness. The use of traditional methods of observation of agroecosystems requires high labor costs, capital investments, and time expenditures. Furthermore, traditional methods in the form of ground surveys and observations cannot provide proper promptness, dynamic context, uniformity, and ease of transfer of agroecological data, which also must be suitable for direct machine processing and analysis in modern geographic information systems and precision farming systems. At the current stage of the development of science and technology, the basis and standard of agroecological surveys is the involvement of remote sensing data as a method of obtaining objective information about agroecosystems that meets all modern criteria and requirements for scientific environmental observation systems, namely: objectivity, representativeness, retrospectivity, promptness, scalability, complexity, universality and interoperability, dynamism, suitability for mathematical-statistical processing, modeling and forecasting, integration into geographic information systems, transparency and the possibility of data verification, and flexible multi-level transfer of research results and corresponding solutions into the production sphere. Based on the results of a systematic retrospective analysis of scientific sources regarding remote agroecological monitoring in Ukraine, it has been established that in the last decade, a rapid growth of interest of the scientific community in this field of study has been observed. The leading scientific institution that works on satellite agroecological monitoring in Ukraine is the Institute of Agroecology and Environmental Management. Ukrainian science in this field is problem-oriented. The main attention of Ukrainian agroecologists is focused on the problems of erosion, degradation, and preservation of soil fertility, monitoring the state of agroecosystems and agroclimatic influences

using both traditional vegetation indices (NDVI) and some specific indices (NDSI, BSI, EVI-S) to perform more detailed narrow-profile research. In general, the results of the systematic literature review testify to the rapid development of the field of agroecological remote monitoring and the aspiration of the domestic scientific community to reorganize the national sector of environmental research according to international standards and technologies. The main gaps in modern agroecological monitoring in Ukraine are an insufficient scientific-methodological base and regulatory-legal regulation of environmental monitoring by means of remote sensing, as well as a fairly limited range of used parameters and technical means, especially machine and deep learning technologies, for the implementation of high-quality multifaceted monitoring of the state of agroecosystems at all levels (soil, water resources, climate, plants, etc.).

Key words: agroecology, geoinformation system, monitoring ecological processes in agroecosystems, scientific bases, space monitoring.

Постановка проблеми. Агроекологічний моніторинг – основа сталого розвитку сільського господарства. Спостереження за поточним станом і динамічним розвитком агроєкосистем є важливою передумовою розробки та впровадження оптимальних з точки зору раціонального природокористування агротехнологій. Відрив інтенсифікації агропромислового комплексу від агроекологічного підґрунтя – шлях до ірраціонального використання природних ресурсів, що є неприпустимим у сучасну епоху глобальних екологічних викликів. Дефорестація, опустелювання, зниження біорозмаїття, забруднення природних ресурсів і їх гострий дефіцит, стрімкі непрогнозовані зміни метеорологічної ситуації та клімату, зниження родючості ґрунтів – усе це наслідки десятиліть без наказаного експлуатування довкілля без урахування негативного впливу індустріальної діяльності людини на стан планети [52]. Для забезпечення сталого екологічно безпечного та ефективного розвитку сільського господарства конче необхідною є система агроекологічного моніторингу довкілля, яка повинна відстежувати особливості реакції природних і штучних екосистем, залучених в аграрне виробництво, на ті чи інші фактори впливу антропогенного (технологічні, організаційні) та природного (кліматичні) походження [58]. Сучасний агроекологічний моніторинг повинен забезпечувати виконання таких критеріїв як об'єктивність (незалежність від суб'єктивної точки зору спостерігача), захищеність від помилок і репрезентативність, ретроспективність (можливість відстежувати дані щодо стану екосистем і їх компонентів впродовж тривалого часу), оперативність (дані повинні надходити у максимально стислий період часу), масштабованість (здатність відстежувати явища на різних за своїми просторовими характеристиками екологічних об'єктах), комплексність (відстеження стану не лише окремих об'єктів, а екосистеми в цілому для забезпечення можливості встановлювати взаємозв'язки), універсальність та інтероперабельність (формат даних, одиниці виміру, методичні підходи, платформи мають бути уніфіковані та загальноприйняті для всіх країн світу), динамічність (можливість відстежувати розвиток досліджуваного об'єкта або явища), придатність даних до математико-статистичної обробки, моделювання та прогнозування, висока інтегрованість у геоінформаційні системи (ГІС), прозорість і можливість верифікації даних, гнучкий багаторівневий трансфер результатів досліджень та відповідних рішень у виробничу сферу, тощо. Стандарти та методичні підходи до традиційного агроекологічного моніторингу, який виконується шляхом наземних зйомок, вимірювань, спостережень, аналізів, у різних країнах світу різняться через особливості науково-технічного розвитку, доступу до технологій, а також відповідно до історичного контексту розвитку науки. Таким чином, не дивлячись на те, що традиційний підхід все ще є еталонним у царині агроекологічного моніторингу, він має ряд недоліків, оскільки важко забезпечити оперативність,

масштабованість і універсальність в рамках конкретного дослідження або зйомки. Крім того, традиційний підхід вимагає високих капіталовкладень і затрат праці, що також робить його менш привабливим із економіко-організаційної точки зору, бо вже не може задовольняти сучасним критеріям високої економічної ефективності моніторингових робіт. Вирішити проблему всебічного агроекологічного моніторингу, який би водночас забезпечував максимальну відповідність вищевказаним критеріям і мав високу економіко-організаційну ефективність, дозволяють сучасні технології дистанційного зондування Землі, які починаючи з 70-х років минулого століття набирають обертів у сільськогосподарській та еколого-географічній науково-практичних сферах застосування завдяки дослідженням у сфері моніторингу вегетаційного покриття [56].

Дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) – це сукупність методичних, технологічних і технічних засобів і прийомів, які використовуються для спостереження за станом планети, наземних об'єктів і явищ, що відбуваються безпосередньо на поверхні землі або у приземних шарах атмосфери, без прямого втручання та прямої взаємодії з об'єктами, що забезпечується спеціальною знімальною апаратурою – сенсорами – розташованими на аерокосмічних апаратах і штучних супутниках. Інформація, зчитувана аерокосмічними сенсорами, являє собою знімки різної роздільної та просторової здатності, які відображають інтенсивність відбиття наземними або атмосферними об'єктами випромінювання у різних світлових або електромагнітних спектрах. На основі розрахункового співвідношення між величинами спектральних каналів супутникових зображень можна робити висновок про спектральні, а отже, реальні фізичні, хімічні, біологічні властивості досліджуваних об'єктів або явищ [19]. На початкових етапах залучення даних ДЗЗ важливо виконувати калібрування, налаштування та адаптацію аерокосмічної інформації для побудови якісних і реалістичних моделей відстеження властивостей досліджуваних об'єктів. Це виконується шляхом поєднання та математико-статистичного опрацювання даних супутникового моніторингу і відповідних даних натуральних спостережень і зйомок для уточнення [15].

Перші дослідження із залучення дистанційного моніторингу екологічних об'єктів і процесів було започатковано ще у XIX ст. [13]. Втім, сплеск інтересу до технології в світовому масштабі припадає на 70-80-ті роки XX століття, коли почали з'являтися перші ґрунтовні наукові праці, які підтверджували можливість ефективного опису стану наземних об'єктів за результатами спектрального аналізу аерофотознімків. Щодо сучасної України, наукова робота з теорії та практики дистанційного зондування Землі тут проводиться впродовж останніх 50 років [38]. Піонерами залучення даних ДЗЗ у сільське господарство є науковці Українського державного науково-дослідного, проектно-технологічного інституту з прогнозування і дистанційного зондування агрономічних ресурсів; вони розробили основоположні концепції щодо даних ДЗЗ в системі агроекологічного моніторингу, а також запропонували першу національну методику залучення супутникового моніторингу до відстеження стану посівів сільськогосподарських культур. Після закриття цього Інституту, методологію підхопив і розвивав Інститут статистики Державного комітету статистики України [3, 36, 50]. Втім, починаючи з 80-х років XX і до 10-х років XXI століття, на превеликий жаль, українська аграрна наука призупинила розвиток теорії та практики дистанційного агроекологічного моніторингу, що негативно позначилося на розвитку національного агропромислового комплексу: донині Україна вимушена наздоганяти європейський і американський досвід і наукову базу залучення ДЗЗ в галузь сільського господарства, а також

використовує для більшості практичних задач закордонне програмне забезпечення та залежить від супутникової інформації, що надається на комерційній основі закордонними супутниковими системами. Втім, варто відзначити бурхливий сплеск теоретико-методологічних фундаментальних і прикладних досліджень із цієї тематики в останні роки, що напряму пов'язано із виконанням Програми наукових досліджень НААН №7 «Супутниковий агроекологічний моніторинг, управління агроресурсами та прогнозування впливу змін клімату на продуктивність агро екосистем» («Агрокосмос»), над виконанням якої в період 2021-2025 рр. працювали передові науковці Інституту агро екології та природокористування, Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства та Національного наукового центру «Інститут ґрунтознавства і агрохімії ім. О. Н. Соколовського».

Варто наголосити, що існують різні тематичні напрямки аерокосмічного моніторингу в сільському господарстві, а саме: земельно-кадастровий моніторинг, моніторинг фітосанітарного стану посівів, меліоративний моніторинг, моніторинг водних об'єктів, агрокліматичний моніторинг, моніторинг продуктивності сільськогосподарських культур і земель, тощо. Агро екологічний моніторинг посідає своє особливе місце серед напрямів сільськогосподарського моніторингу, а тому вимагає розробки та впровадження специфічних теоретико-методологічних підходів.

Постановка завдання. Метою даної роботи є виконати систематичний ретроспективний аналіз методичних підходів до використання ДЗЗ в агро екологічному моніторингу сільськогосподарських земель в Україні та світі, визначити тренди та прогалини в сучасному агро екологічному моніторингу сільськогосподарських земель і окреслити перспективні напрямки розвитку технології.

Матеріали і методи. Методологічно аналітико-синтетичний систематичний ретроспективний огляду літературних джерел щодо фундаментальних і прикладних результатів наукових досліджень із тематики залучення ДЗЗ в агро екологічного моніторингу в Україні охоплювала такі основні етапи:

1) Формування загального списку наукових літературних джерел із досліджуваного питання. Для цього використовували 6 запитів на платформі Google Scholar, а саме: «агро екологічний моніторинг за даними дистанційного зондування», «супутниковий агро екологічний моніторинг», «аерокосмічний агро екологічний моніторинг», «вегетаційні індекси агро екологічний моніторинг», «супутникові індекси агро екологічний моніторинг», «ґрунтові індекси агро екологічний моніторинг». За результатами запитів було одержано та переглянуто 1330 джерел.

2) Відповідність тематиці дослідження. Запропоновані пошуковою системою джерела було переглянуто та оцінено на відповідність тематиці супутникового агро екологічного моніторингу сільськогосподарських земель в Україні та такі, які не відповідали тематиці (наприклад, які не містили інформації про дослідження із залученням аерокосмічних даних, або такі, які не містили інформації про власне агро екологічний моніторинг або стосувалися інших регіонів і держав) дослідження, вибракували.

3) Відбір джерел за критеріями: рецензоване періодичне видання, монографія, наявність доступу до повного тексту публікації. Публікації, які не належали до зазначених категорій (наприклад, матеріали конференцій, методичні вказівки, реферати дипломних робіт, тощо) або такі, для яких неможливо отримати доступ до повного тексту, відкидалися як невідповідні.

4) Формування фінального списку джерел і бази даних. Після етапів вибракування, було сформовано кінцевий список наукових літературних джерел, які

будуть використані в систематичному аналізі. Таких джерел нараховано 54. Для всіх джерел завантажено повнотекстові версії документів.

5) Формування списку авторів, ключових слів. Сформовано загальний список усіх ключових слів із завантажених джерел і список усіх авторів. Виконано мовну стандартизацію прізвищ авторів і ключових слів, тобто виконано академічний переклад неукраїномовних слів і прізвищ в оригіналі публікацій українською.

6) Програмна обробка даних. Із використанням власних скриптів Python 3 виконано аналіз ключових слів на предмет частоти їх повторюваності та побудовано хмару ключових слів. Виконано розподіл і графічне ранжування наукової літератури за роками. Щодо авторів, встановлено п'ятірку найбільш активних науковців, що присвятили свою увагу питанню дистанційному агроекологічному моніторингу сільськогосподарських земель України, побудовано відповідні наочні матеріали.

7) Формування аналітико-синтетичного узагальненого змісту відібраних наукових джерел за основними доменами дистанційного агроекологічного моніторингу із використанням мови програмування та хмарних обчислень Wolfram One.

8) Визначення трендів розвитку техніко-технологічного та науково-методичного забезпечення агроекологічного моніторингу в Україні, окреслення головних прогалин і встановлення перспективних напрямків науково-дослідної роботи із даної тематики.

Виклад основного матеріалу дослідження. В першу чергу варто зупинитися на історичному аналізі розвитку зацікавленості наукової спільноти України у розвитку та розробці наукової методології залучення даних супутникового моніторингу в агроекологічну сферу. Ретроспективний аналіз публікаційної активності українських науковців свідчить про істотний кількісний стрибок починаючи з 2016 року, у той час як до цього періоду спостерігається спорадична поодинокі активність наукової спільноти стосовно супутникового агроекологічного моніторингу. Так, середня кількість публікацій на рік у період зародження зацікавленості в аерокосмічних технологіях в аграрних і екологічних науках, а саме за 1997-2015 рр., становить 0,56; у той час як у період 2016-2025 рр. (останнє десятиліття) – 4,40 (Рис. 1). Стрімке зростання інтересу наукової спільноти до інтеграції даних дистанційного зондування в агроекологічні дослідження зумовлене насамперед критичною ресурсомісткістю та високою вартістю традиційних наземних обстежень, які вимагають значних витрат часу, праці, відповідних кваліфікованих кадрів та спеціалізованого обладнання і лабораторної обробки. Водночас застосування методів дистанційного зондування забезпечує можливість переходу до безперервного, оперативного та динамічного моніторингу агроєкосистем у різних просторово-часових масштабах. Це дозволяє не лише мінімізувати суб'єктивізм польових вимірювань, а й забезпечити високий ступінь стандартизації та уніфікації форматів даних, що є критично важливим для їхнього довготривалого зберігання, інтеграції в ГІС-платформи, автоматизованої обробки за допомогою алгоритмів машинного навчання та оперативного обміну міждослідними інституціями. Найближчими роками з високою вірогідністю можна очікувати на подальше підвищення активності української наукової спільноти з питань супутникового агроекологічного моніторингу, про що свідчить лінійний тренд, розрахований для всього періоду ретроспективного огляду літератури (довірчий інтервал розрахунку – 95%).

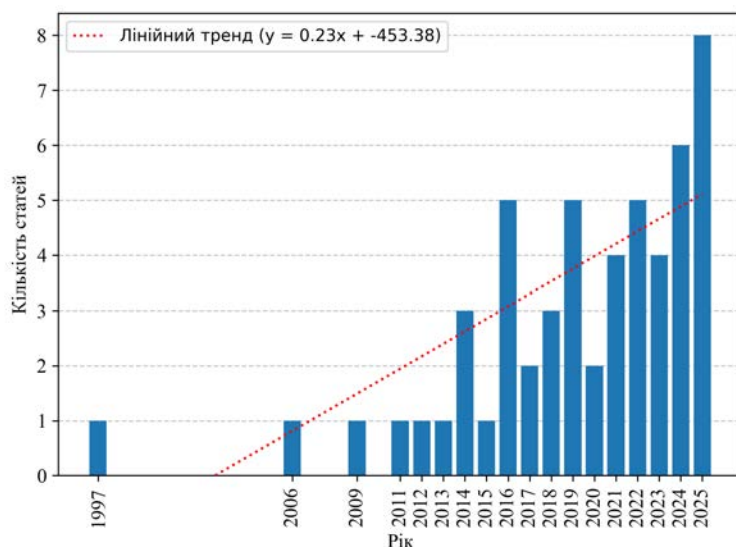


Рис. 1. Розподіл наукових публікацій, присвячених питанням дистанційного агроекологічного моніторингу в Україні

Крім розподілу публікаційної активності за роками, цікавим з аналітичної точки зору є розподіл між авторами наукових матеріалів. Встановлено п'ятірку найбільш активних науковців, до яких належать: Ільєнко Т. В. (10 публікацій), Тараріко О. Г. (9 публікацій), Кучма Т. Л. (7 публікацій), Лиховид П. В. (6 публікацій) та Власова О. В. (5 публікацій). Причому вищезазначені автори загалом фактично формують 27,0% усієї наявної на даний момент наукової інформації щодо дистанційного агроекологічного моніторингу та його науково-практичної імплементації в Україні (Рис. 2).

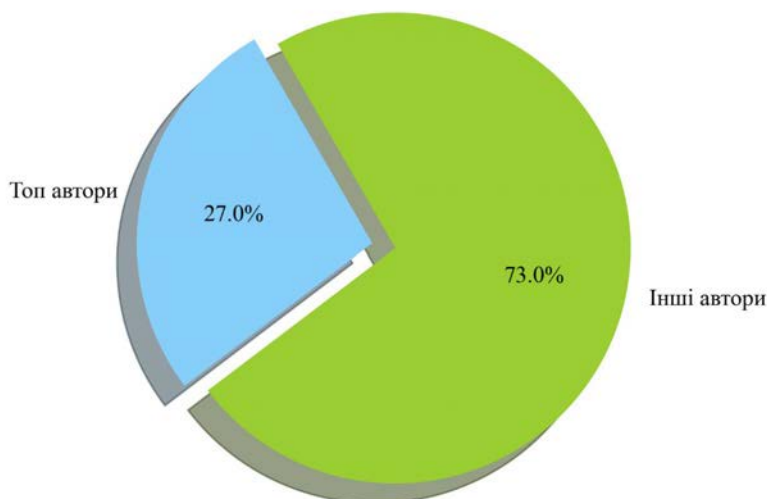


Рис. 2. Розподіл публікацій щодо залучення даних аерокосмічного моніторингу в агроекологічних дослідженнях за авторами

Лева доля дослідників із питань супутникового агроекологічного моніторингу – вихідці з Інституту агроекології і природокористування НААН, що робить цю наукову установу безумовним національним лідером галузі.

Перш ніж перейти до критичного аналізу здобутків сучасної української науки в сфері дистанційного агроекологічного моніторингу за різними доменами, варто проаналізувати хмару ключових слів, уживаних у наукових публікаціях (Рис. 3). Відповідно до неї, ядро галузі (найбільш часто зустрічувані ключові слова) – це дистанційне зондування та агроекологічний моніторинг, що свідчить про те, що українські вчені вбачають дані аерокосмічного зондування основою об'єктивної оцінки стану агроєкосистем. Звертають на себе увагу ключові слова які місять терміни «ерозія ґрунтів», «ґрунтовий покрив», «родючість ґрунту», «деградація ґрунтів», тощо. Велика вага цих ключових слів відображає гостру актуальність проблеми збереження родючості українських ґрунтів у контексті кліматичних змін і сучасних інтенсивних агротехнологій.

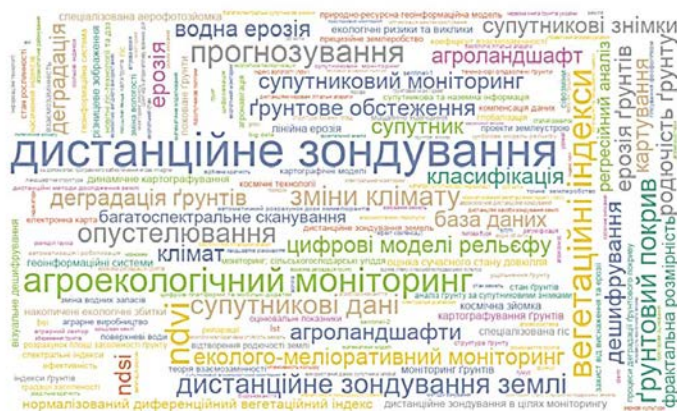


Рис. 3. Хмара ключових слів, застосованих авторами в наукових публікаціях на тему дистанційного агроекологічного моніторингу

Крім того, звертає на себе увагу те, що хмара містить багато конкретних технічних термінів: «вегетаційні індекси», «NDVI», «цифрові моделі рельєфу», «багатоспектральне сканування», «супутникові дані», тощо. Це свідчить про те, що, по-перше, українські науковці мають високий рівень технічної освіченості та використовують найсучасніші інструменти роботи з даними дистанційного зондування Землі; по-друге, що не дивлячись на наявність низки більш специфічних індексів, NDVI (нормалізований диференційний вегетаційний індекс) залишається у найвищому пріоритеті під час виконання агроекологічних досліджень завдяки своїй широкій доступності та відносно простоті. Втім, помітною є присутність термінів «NDSI» та «BSI» (специфічних супутникових індексів – нормалізований диференційний ґрунтовий індекс та індекс голого ґрунту), що свідчить про те, що українська наука виходить за рамки традиційних вегетаційних індексів і активно залучає спеціальні спектральні параметри у тих агроекологічних дослідженнях, де це є необхідним. І хоча такі ключові слова як «прогнозування», «класифікація», «регресійний аналіз» та «машинне навчання» мають відносно малу вагу в хмарі, це свідчить про те, що українські науковці воліють працювати на стику

таких дисциплін як власне агрономія, екологія та інформаційні технології і кібернетика, оскільки ці технічні терміни свідчать про прагнення до міждисциплінарної інтеграції та комплексного підходу до аналізу просторових даних і прогнозуванню сценаріїв подальшого розвитку агроекологічної ситуації відповідно до поточного стану і впливових факторів. Наявність термінів «грунтове обстеження» та «картування ґрунтів» поряд із дистанційними методами вказує на синергію: українські дослідники намагаються поєднувати супутникові дані з традиційними наземними еталонними методами оцінки стану агроєкосистем, що підвищує верифікацію результатів. В цілому, розроблена хмара ключових слів свідчить про те, що українська наука у сфері дистанційного агроекологічного моніторингу є скоріше проблемно-орієнтованою, ніж суто теоретичною. Основна увага дослідників зосереджена на використанні супутникових технологій для боротьби з деградацією земель, збереження їх продуктивного та біологічного потенціалу, а також адаптації агроєкосистем до сучасних викликів, пов'язаних зі змінами клімату.

Для поліпшення критичного аналізу наукових здобутків і сфери інтересів українських науковців у рамках галузі супутникового агроекологічного моніторингу, пропонуємо виконати попередній розподіл цього комплексного та багатогранного напрямку на окремі відносно самостійні та специфічні домени. Враховуючи особливості агроекологічного моніторингу та зміст наукових публікацій, виділено 11 самостійних доменів (Рис. 4). Надалі коротко зупинимо увагу на кожному із доменів для визначення його ключової специфіки, повноти наукового вивчення, наявних прогалин, перспективи і затребуваності подальших досліджень із науково-теоретичної (фундаментальної) та практичної (прикладної) точок зору.

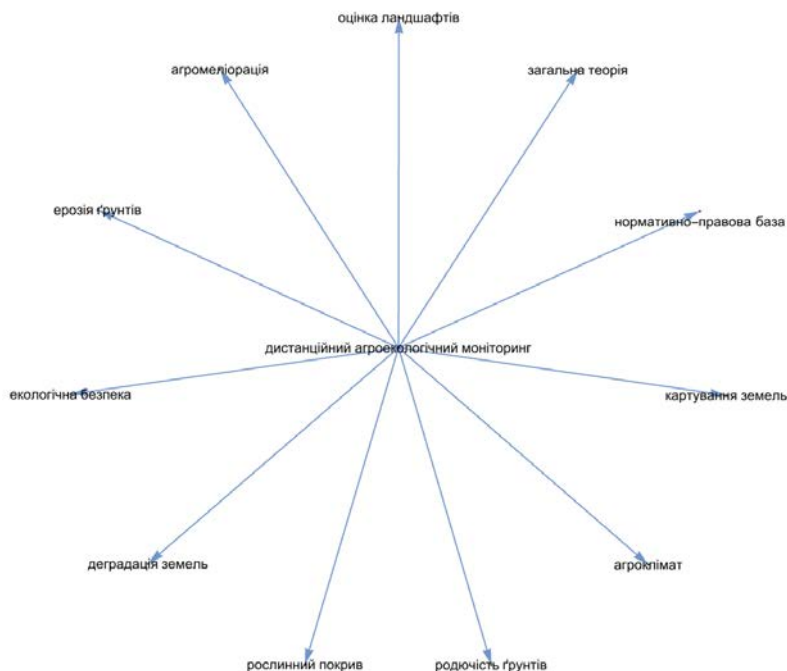


Рис. 4. Домени дистанційного агроекологічного моніторингу

Питання загальної теорії та науково-методичних засад дистанційного агроєкологічного моніторингу – основа всієї подальшої роботи у даній галузі науки і техніки. Тож недарма найбільша кількість фундаментальних наукових праць українських вчених присвячена саме цим питанням. Мудрак et al. (2024) зазначають, що на тлі стрімкої деградації та втрати родючості ґрунтів України, втрати біорозмаїття через неефективні практики господарювання та землекористування, конче необхідною є абсолютно нова концепція агроєкологічного моніторингу, який буде задовольняти критеріям оперативної динамічної оцінки рівня забруднення основних складових агроландшафтів на різних рівнях і різними (біологічними, хімічними, радіоактивними) забруднювачами, дозволить провести ефективне вивчення міграції і трансформації токсинів у комплексній агроєко-системі, де ґрунт і рослина є вихідною ланкою, а продукція і людина як споживач – кінцевими. Автори наводять механізми залучення даних із різних джерел, включаючи супутникові, у систему комплексного агроєкологічного моніторингу, та пропонують чітку стратегію впровадження концепції у наукове та практичне життя вітчизняної агроєкології [29]. Фурдичко et al. (2022) розробили концепції та навели переконливі результати ефективності залучення даних дистанційного зондування Землі для агрокліматичного моніторингу та прогнозування впливу змін клімату на продуктивність сільськогосподарських культур. Авторами доведено, що супутникові дані при належній обробці та аналізі є цінним джерелом інформації про рівень вологозабезпечення посівів, прояви процесів опустелювання та ерозійної деградації ґрунтів, а також можуть бути використані у моделях машинного навчання для прогнозування врожайності сільськогосподарських культур [45]. У результаті аналітичної роботи вітчизняних науковців встановлено великий рівень невідповідності сучасної теорії і практики використання даних аерокосмічного моніторингу в Україні міжнародним практикам і стандартам, що вимагає інтенсифікації досліджень у даній сфері для посилення конкурентоспроможності вітчизняної агроєкологічної науки на світовому ринку [44].

Науковці свідчать, що сучасна парадигма агроєкологічного моніторингу в Україні базується на інтеграції супутникових даних та ГІС-технологій, що дозволяє перейти від трудомістких і дорогих традиційних методів спостереження до вискоєфективного дистанційного зондування Землі. Науково-методичні засади цього напрямку, зокрема, реалізовано в рамках виконання програми наукових досліджень Національної академії аграрних наук України «Агрокосмос» впродовж 2021-2025 рр. Реалізація програми забезпечує теоретичний базис для виконання об'єктивного аналізу структури агроландшафтів, стану посівів через супутникові вегетаційні індекси та розробку стратегій адаптації до глобальних кліматичних змін [28, 38]. Ефективність таких систем напрямку залежить від точності технічного забезпечення аерокосмічного моніторингу в системах точного цифрового землеробства [17], а також вимагає створення розгалуженої мережі підсупутникових тестових полігонів, адаптованих до міжнародних стандартів CORINE Land Cover, для валідації результатів модельних досліджень і верифікації космічної інформації [14]. Водночас, використання супутникових даних є ключовим інструментом для моніторингу сільськогосподарських угідь на державному рівні, сприяючи автоматизації управління земельними ресурсами та наповненню Державного земельного кадастру [12].

Глобальна цифровізація аграрного сектору, що включає впровадження Big Data, IoT та хмарних платформ, виступає стратегічним чинником підвищення конкурентоспроможності та продовольчої безпеки України, попри існуючі інфраструктурні

та кваліфікаційні бар'єри [25]. Фундаментальні дослідження підтверджують, що супутникові дані дозволяють не лише прогнозувати врожайність зернових культур в умовах зростаючої посушливості клімату [21], але й оперативню оцінювати деградацію ґрунтів і катастрофічні наслідки воєнних дій, зокрема ідентифікувати вплив підриву Каховської ГЕС та прямих пошкоджень земельного покриву внаслідок бойових дій і негативного техногенного впливу на землі сільськогосподарського призначення [37]. Таким чином, дані дистанційного зондування Землі інтегруються у комплексні системи підтримки прийняття рішень в агрономії та агроекології, а наукові засади раціонального агроекологічного моніторингу сільськогосподарських земель є запорукою сталого природокористування.

Особливу увагу заслуговують технології використання аерокосмічних даних у картуванні та зонуванні сільськогосподарських земель. Так, Ачасов & Ачасова (2011) довели, що аерокосмічні знімки, виконані у спектральному діапазоні видимого світла є цілком придатними для картування ґрунтів і визначення неоднорідності ґрунтового покриву [1]. У свою чергу, Підлипна (2016) підтвердила можливість залучення супутникових знімків Landsat у комплексі з програмним забезпеченням ERDAS Imagine для здійснення первинного зонування та картування земель, що істотно поліпшує ефективність і якість ведення земельного кадастру, облік і моніторинг використання територій [34]. Lykhovyd et al. (2024) засвідчили, що залучення супутникових мультиспектральних індексів NDVI, NDWI, NRI, які відповідають за загальний стан рослинного покриву, вологозабезпеченість і забезпеченість азотом, у форматі комплексного індексу агроекологічного зонування AEZI є перспективним для виконання масштабного агроекологічного районування сільськогосподарських земель за ознакою ступеню їх придатності до вирощування конкретних видів культурних рослин. У роботі було використано супутникові знімки сателітів Sentinel-2 та Landsat-8 із середньою роздільною здатністю. За результатами наукових досліджень розроблено шкалу інтерпретації величини індексу AEZI та створено базу даних «Agroecological Zoning of the Steppe Zone of Ukraine v.1.00» [22, 55]. Чорний (2020) запропонував методику залучення аерокосмічних знімків у картуванні та встановленні ступеня еродованості чорноземних ґрунтів. Науковець наголошує на необхідності паралельної оцінки вегетаційних індексів GNDVI, NDVI та EVI, які хоча і не мають прямого відношення до оцінки властивостей ґрунтового покриву, але дозволяють опосередковано за станом рослин робити оцінку властивостей ґрунтів на досліджуваних ділянках. Так, наприклад, він довів, що у фазі «початку бутонізації», «бутонізації» та «цвітіння» соняшнику на еродованих ґрунтах і схилах величина вегетаційного індексу GNDVI суттєво менша ніж на нееродованих, що дозволяє опосередковано оцінювати ступінь деградації земель і виконувати їх картування [47].

Щодо моніторингу еродованості ґрунтів, перші методичні підходи до дистанційного визначення ерозійно небезпечних ділянок знаходимо у роботі Биндич (2014) [4]. Запропонований підхід дешифрування аерокосмічних даних дозволяє виявити лінійні форми ерозії та зони з найбільшою вірогідністю проявів площинної ерозії. Трускавецький et al. (2015) відзначають можливість залучення даних дистанційного зондування Землі для отримання цифрових моделей рельєфу та визначення лінійної ерозії ґрунтів з основним фокусом на водній ерозії [43]. Ачасов & Ачасова (2020) вивчали особливості розпізнавання проявів водної ерозії за даними супутникового моніторингу, і дійшли висновків, що не дивлячись на ефективність сучасних методичних і технологічних підходів до інтерпретації ерозійно небезпечних ділянок за аерокосмічними знімками, на сучасному етапі

дешифрування проявів водної ерозії та інвентаризація ерозійних форм рельєфу все ще неможлива без контролю кваліфікованої людини-аналітика для виключення похибок [2]. У той же час, група інших дослідників розробила за даними космічної цифрової моделі рельєфу карту розподілу індексу інтенсивності ерозійних процесів та визначили потенційно небезпечні ерозійні ділянки, що підтверджує перспективність методичного підходу [24]. Тараріко et al. (2021) використали дані Sentinel-5P для аналізу поширення пилової бурі в зоні Полісся, а також пов'язаних із нею проявів вітрової ерозії ґрунтів зони [39].

Дотичним до моніторингу ерозії ґрунтів є контроль і спостереження за ступенем деградації земель. Науковці зазначають, що дані дистанційного зондування Землі є важливим інформаційним ресурсом виявлення та оцінки ризиків деградації земель, втрати біорозмаїття та зміни меж агроландшафтів. Автори дослідження стверджують, що традиційна система агроекологічного моніторингу є недосконалою [57]. Використання супутникових даних сателіту Sentinel-1 дозволило уточнити критичні зони деградації сільськогосподарських земель, пов'язаної з ерозією, а також встановити чіткі ареали, які потребують виключення з сільськогосподарського використання та консервації для попередження розвитку незворотного ступеня їх деградації. Тараріко et al. (2025) сформулювали основні вимоги до даних аерокосмічного моніторингу, які використовуються для спостереження за рівнем опустелювання сільськогосподарських земель, а саме: просторова здатність від 1-30 м для детального та до 1000 м – для регіонального моніторингу; періодичність надходження нових знімків від 5 до 16 діб; рекомендовані джерела – Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat, MODIS [41]. Авторським колективом розроблено науково-методичні засади застосування ГІС-технологій у тандемі з даними аерокосмічної зйомки для виконання моніторингу деградації та опустелювання сільськогосподарських земель, а також запропоновано методи оцінки ефективності систем землекористування і заходів з охорони ґрунтового покриву, надано практичні рекомендації щодо використання супутникових даних і ГІС-технологій для оцінки проявів водної ерозії та прогнозування ризиків ерозійної деградації земель [40]. Браславська et al. (2025) наголошують, що традиційні методи оцінки деградації сільськогосподарських земель, зокрема польові зйомки, є трудомісткими та вимагають високих капіталовкладень, що обумовлює необхідність залучення супутникових технологій моніторингу. Зокрема, автори дослідження підкреслили, що застосування спектральних індексів NDVI, NDSI, BSI у комбінації з супутниковою величиною температури поверхні ґрунту LST дозволяють ефективно динамічно оцінювати параметри вологості ґрунту та ступеню його ушкодження внаслідок бойових дій, а також особливості розвитку рослинного покриву. Науковці запропонували дворівневу модель агроекологічного супутникового моніторингу, що поєднує аерокосмічні дані та геопросторовий аналіз за алгоритмами ансамблевого машинного навчання [6]. Казаченко & Казаченко (2014) були одними з піонерів дистанційного моніторингу стану деградованих та ерозійно небезпечних земель на Харківщині та довели ефективність і точність підходу із залучення супутникових даних до спостереження і контролю розвитку зазначених екологічних процесів [16]. Мошинський & Вознюк (2025) виконали перспективне дослідження залучення вегетаційних супутникових індексів, розрахованих за знімками Sentinel-1 та Sentinel-2, і методів ансамблевого навчання до моніторингу ущільнення верхнього шару ґрунту та встановлення загального рівня його деградації [26]. За результатами роботи інших українських дослідників встановлено, що залучення інтегрованого підходу до моніторингу опустелювання агроecosистем,

що базується на ефективному поєднанні даних супутникової зйомки, математичних моделей і ГІС-технологій є найбільш перспективним напрямком розвитку наукового агроекологічного моніторингу [7]. Потребують розширення та удосконалення методи симуляційного та прогностичного моделювання, а також тісна інтеграція українського сектору в міжнародну наукову спільноту.

Екологічна безпека агроландшафтів – особливий домен агроекологічного моніторингу, який набув особливої актуальності в останні роки не тільки за рахунок стрімких кліматичних змін і пов'язаних із ними супутніх процесів деградації екосистем і зсувів у біорозмаїтті, але й внаслідок активних тривалих бойових дій, що мають місце на території півдня та сходу України. На жаль, саме ця галузь є висвітленою науковцями мінімально. Бондар et al. (2022) досліджували проблематику залучення аерокосмічних даних для оцінки рівня екологічних збитків територій внаслідок російсько-української війни і дійшли висновків, що даний спосіб є перспективним для масштабної та точної фіксації негативного впливу на довкілля та рівня руйнації як природних, так і антропогенних об'єктів. Авторами запропоновано не тільки методологічні підходи для здійснення дистанційного екологічного моніторингу наслідків бойових дій, але і системний підхід до його стандартизації та нормативного врегулювання, здійснено оцінку економіко-організаційної ефективності такого підходу та детально окреслено потенційні можливості та ліміти супутникового моніторингу екосистем [5]. Кучма & Сиротенко (2014) вивчали питання оптимізації структури сільськогосподарських земель із залученням даних супутникового моніторингу для оперативної динамічної оцінки біорозмаїття, забезпечення екологічної стійкості та відтворення природного стану пошкоджених агроекосистем [20].

Агроекологічний моніторинг рослинного покриву, зокрема, стану посівів сільськогосподарських культур, за даними дистанційного зондування є чи не найбільш широко висвітленим у працях вітчизняних науковців. Так, розраховані за супутниковими знімками з різних мультиспектральних сателітів, таких як Sentinel-2, Landsat-8, MODIS, вегетаційні індекси (NDVI, EVI, EVI2, EVI-S, SAVI, тощо) дозволяють ефективно відстежувати динаміку ростових процесів культурних рослин, загальний фітосанітарний стан і забезпеченість агрофітоценозів елементами живлення, а також виконувати деталізоване картування та прогнозування продуктивності агроекосистем [8, 23, 31]. Цікавими є результати дослідження Пащенко & Марюшко (2024), які довели, що розрахункова величина NDVI істотно корелює з яскравістю спутникових знімків, за якими ведеться розрахунок, а тому цей фактор важливо враховувати під час виконання та валідації наукових робіт із залученням зазначеного вегетаційного індексу [33]. Ними ж доведено, що виконання фрактального аналізу космічних знімків Sentinel-2 дозволяє виконувати оцінку аномалій і загального стану сільськогосподарських земель [32].

Стосовно моніторингу ґрунтів і сільськогосподарських земель в цілому, Яцук et al. (2016) запропонували доповнення та правки до існуючої «Концепції моніторингу ґрунтів для збереження екологічних функцій як ґрунтового різноманіття», наголосили про необхідність створення Червоної книги ґрунтів України та запропонували розширене впровадження засобів дистанційного зондування Землі у сфері агроекологічного моніторингу [51]. Романко (2013) запропонував загальні положення моделі оцінки змін стану родючості ґрунтів за даними супутникових знімків [35]. Нехай & Литвинов (2016) розробили концепції залучення інформаційних технологій і технологій комп'ютерної обробки даних у систему агроекологічного моніторингу родючості ґрунтів [30]. Власова (2018) була однією з перших,

хто розробив і запропонував до використання картографічні моделі оцінки меліоративного стану і родючості ґрунтів за величинами спектральних характеристик супутникових знімків у різних діапазонах випромінювання [9–11]. Чорний & Абрамов (2016) вперше виконали оцінку вмісту гумусу в чорноземі південному за даними мультиспектральних супутникових знімків супутника Landsat-8 [46]. Теорію залучення даних дистанційного зондування у тандемі з методами машинного навчання продовжено в роботі інших українських науковців, де виконано прогностичну оцінку вмісту гумусу в орному шарі темно-каштанового ґрунту на півдні України за даними розрахункового супутникового NDVI. Доведено і можливість залучення аерокосмічних знімків і для встановлення меліоративного стану ґрунтів півдня України, а саме – вмісту солей у орному шарі ґрунту з високою точністю (понад 95%) [53, 54].

Власова (2018) є автором науково-методичних основ залучення аерокосмічного зондування Землі у сферу агроеліоративного моніторингу; вона доводить чітку кореляцію між наземними та космічними даними про стан ґрунтів, що є ядром концепції дистанційного моніторингу останніх [10–11]. Крім того, вона є серед авторів концепції дистанційного моніторингу вологозабезпеченості ґрунтів України [48]. Пізніше Шевченко et al. (2019) розвинули теоретичну концепцію залучення аерокосмічних даних у сферу моніторингу водних об'єктів і загальних характеристик меліорованих ґрунтів [49]. Ковальчук & Войтович (2021) успішно використали величини індексів засолення VSSI, NDSI та SI, розрахованих за мультиспектральними знімками супутника Landsat-8, для оцінки ступеня засоленості ґрунтів Ігулецького зрошуваного масиву та коригування меліоративних заходів щодо протидії вторинному засоленню [18].

Мудрак et al. (2024) присвятили велику увагу вивченню питання дистанційного моніторингу за несприятливими кліматичними явищами, наприклад, розвитку посухи на Запоріжжі. Для аналізу агрокліматичної ситуації в області автори використовували супутникові індекси NDVI та NDWI, що дало змогу встановити вплив кліматичної посухи на ріст і розвиток культурних рослин у регіоні, а також встановити посилення дефіциту вологозабезпеченості посівів [27].

Щодо нормативно-правової бази дистанційного агроеліоралічного моніторингу, значну увагу цьому питанню присвятили Ткачук & Мазур (2025), які провели детальний аналіз чинної законодавчої та нормативно-правової бази порядку проведення моніторингу земель та ґрунтів в Україні, а також надали власні критичні пропозиції, чітко окреслили суб'єктів і об'єктів моніторингу [42].

Висновки та перспективи подальших досліджень. Супутникові дані у форматі мультиспектральних індексів (NDVI, EVI, VSSI, NDWI тощо) стали невід'ємною складовою сучасного агроеліоралічного моніторингу в Україні, забезпечуючи об'єктивний, оперативний огляд як природних, так і антропогенних змін ґрунтів та рослинного покриву. Дослідження, виконані українськими науковцями засвідчили, що розрахункові індекси тісно корелюють із візуальною яскравістю аерокосмічних знімків, що підкреслює важливість їхньої валідації при виконанні моніторингу та плануванні агроеліоралічних заходів. Розширені моделі, що поєднують спектральні характеристики з машинним навчанням, досягають високої точності щодо характеристики таких агроеліоралічних параметрів як ступінь деградації та засоленості ґрунтів, процеси опустелювання земель та прояви ерозійних змін, стан родючості та забезпечення агрофітоценозів елементами живлення, характеристики кліматичних умов і рослинного покриву, та відкриває нові можливості для гнучкого динамічного та оперативного управління станом сільськогосподарських

земель і агроландшафтів, виконувати високоточне прогнозування і моделювання стану та продуктивності агроєкосистем. Водночас, розробка нормативно-правового базису і наукової концепції сучасної національної системи агроекологічного моніторингу в Україні свідчать про певний рівень обмеженості вітчизняного техніко-технологічного, правового та науково-методичного секторів галузі. Науковці вказують на необхідність стандартизації методик супутникових спостережень за довкіллям із урахуванням міжнародних стандартів і практик, створення спільної бази даних і правового регламенту для забезпечення довгострокової стійкості агроєкосистем. У сукупності ці дослідження підтверджують, що інтегроване використання супутникових індексів, гібридних моделей обробки даних і чітких нормативних рамок забезпечує надійний інструмент для управління природними ресурсами, реагування на кризові ситуації (ерозія, посухи, бойові дії, ірраціональне землекористування тощо) та підтримки аграрної продуктивності України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Ачасов А. Б., Ачасова А. О. Методичні основи сучасного просторового моніторингу ґрунтів. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна Серія «Екологія»*. 2011. Вип. 944. С. 20–27.
2. Ачасов А. Б., Ачасова А. О. Особливості візуального дешифрування проявів водної ерозії за даними дистанційного зондування. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2020. Вип. 33. С. 145–155. DOI: 10.26565/1992-4224-2020-33-13
3. Бабич С. М. Методичні аспекти аналітичного опрацювання інформації при аерокосмічному моніторингу посівів. *Система дослідження та моделювання в землеробстві: збірник наукових праць*. 1998. С. 300–313.
4. Биндич Т. Ю. Дистанційне визначення моніторингових ділянок на ерозійно небезпечних землях. *Агроекологічний журнал*. 2014. Вип. 4. С. 38–42. DOI: 10.33730/2077-4893.4.2014.344871
5. Бондар О. І., Фінін Г. С., Шевченко Р. Ю. Екологічні виклики воєнного часу: оцінка впливу на довкілля космічними системами дистанційного зондування та GPS-навігації. *Екологічні науки*. 2022. Вип. 4(43). С. 40–49. DOI: 10.32846/2306-9716/2022.есо.4-43.7
6. Браславська О. В., Грицик О. М., Рожі Т. А. Використання супутникових даних для оцінки деградації ґрунтів в аграрних регіонах України. *Просторовий Розвиток*. 2025. Вип. 13. С. 451–465. DOI: 10.32347/2786-7269.2025.13.451-465
7. Васильєв Д. П., Ільєнко Т. В. Моніторинг процесів опустелювання агроєкосистем за супутниковими даними: досвід та перспективи. *Агроекологічний журнал*. 2024. Вип. 3. С. 82–93. DOI: 10.33730/2077-4893.3.2024.311183
8. Васильєв Д. П., Ільєнко Т. В. Оцінка ефективності модифікованого індексу EVI-S у системі моніторингу рослинного покриву. *Агроекологічний журнал*. 2025. Вип. 2. С. 55–67. DOI: 10.33730/2077-4893.2.2025.333822
9. Власова О. В. Моделі формування спектральних характеристик меліорованих земель. *Агроекологічний журнал*. 2018. Вип. 2. С. 23–27. DOI: 10.33730/2077-4893.2.2018.157530
10. Власова О. В. Науково-методичні основи екологомеліоративного моніторингу агроландшафтів за даними дистанційного зондування Землі. *Збалансоване природокористування*. 2018. Вип. 1. С. 98–100. DOI: 10.33730/2310-4678.1.2018.276623
11. Власова О. В. Основи теорії взаємозамінності супутникової та наземної інформації в еколого-меліоративному моніторингу. *Biological Resources & Nature Management*. 2018. Vol. 10. Р. 157–163. DOI: 10.31548/bio2018.03.020
12. Данкевич В. Є., Данкевич Є. М. Моніторинг сільськогосподарських угідь із застосуванням систем дистанційного зондування земель. *Економіка АПК*. 2019. Вип. 8. С. 27–36. DOI: 10.32317/2221-1055.201908027

13. Довгий С. О., Лялько В. І., Бабійчук С. М. Основи дистанційного зондування Землі: історія та практичне застосування: навч. посіб. Київ: Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2019. 315 с.
14. Дребот О., Тараріко О., Ільєнко Т., Кучма Т. Формування мережі тестових підсупутникових полігонів у системі агроекологічного моніторингу. *Вісник аграрної науки*. 2022. Вип. 100(5). С. 70–82. DOI: 10.31073/agrovisnyk202205-10
15. Зацерковний В. І., Кривоберець С. В. Система агроекологічного моніторингу ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення. *Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. География. Геология*. 2012. Вип. 25(1). С. 60–74.
16. Казаченко Л. М., Казаченко Д. А. Застосування даних ДЗЗ з метою виявлення деградації ґрунтового покриву для надання рекомендацій щодо раціонального використання ріллі. *Інженерна геодезія*. 2014. Вип. 61. С. 116–122.
17. Касім М. М., Васюхін М. І. Основні тенденції розвитку геоінформаційних навігаційних систем прецизійного землеробства в Україні. *Енергетика і автоматика*. 2016. Вип. 2. С. 64–73.
18. Ковальчук В. П., Войтович О. П. Визначення засоленості ґрунтів Інгuleцької зрошувальної системи за супутниковими даними у системі управлінських заходів із хімічної меліорації. *Агроекологічний журнал*. 2021. Вип. 3. С. 33–43. DOI: 10.33730/2077-4893.3.2021.240319
19. Кривоберець С. В. Аналіз методів і знімальних систем ведення агроекологічного моніторингу. *Вісник Чернігівського державного технологічного університету*. 2012. Вип. 2(57). С. 166–175.
20. Кучма Т. Л., Сиротенко О. В. Оцінювання ландшафтного різноманіття за даними дистанційного зондування Землі. *Агроекологічний журнал*. 2014. Вип. 1. С. 35–40.
21. Кучма Т., Тараріко О., Сиротенко О., Ільєнко Т. Агроекологічний супутниковий моніторинг: монографія. Київ: Аграрна наука, 2019. 204 с.
22. Лиховид П. В. Агроекологічна оцінка сільськогосподарських земель за даними дистанційного зондування Землі. *Зрошуване землеробство*. 2024. Вип. 81. С. 24–31. DOI: 10.32848/0135-2369.2024.81.4
23. Лиховид П. В., Вожегова Р. А., Грановська Л. М., Чабан В. О., Біднина І. О. Ukraine Crop Production Map – інтерактивна карта продуктивності сільськогосподарських культур та аналітичної оцінки агроекологічних умов України. *Таврійський науковий вісник*. 2025. Вип. 143(1). С. 172–178. DOI: 10.32782/2226-0099.2025.143.1.21
24. Лялько В. І., Єлістратова Л. О., Апостолов О. А., Чехній В. М. Аналіз ґрунто-ерозійних процесів в Україні на основі застосування даних дистанційного зондування Землі. *Вісник НАН України*. 2017. Вип. 10. С. 35–42. DOI: 10.15407/vissn2017.10.034
25. Мазур В. В. Особливості використання цифрових технологій в аграрному секторі України. *Агросвіт*. 2025. Вип. 9. С. 109–117. DOI: 10.32702/2306-6792.2025.9.109
26. Мошинський В. С., Вознюк С. А. Моніторинг ущільнення та деградації ґрунтів за супутниковими даними: огляд сучасних підходів і перспектив. *Bulletin National University of Water and Environmental Engineering*. 2025. Vol. 2(110). P. 203–214. DOI: 10.31713/vs2202515
27. Мудрак О. В., Ганчук М. М., Скиба В. П., Циганов І. В., Ганчук К. О. Екологічний моніторинг розвитку посушливих процесів у Запорізькій області. *Збалансоване природокористування*. 2024. Вип. 4. С. 108–115. DOI: 10.33730/2310-4678.4.2024.319400
28. Мудрак О. В., Морозова Т. В. Ефективність супутникових даних у системі агроекологічного моніторингу. *Агроекологічний журнал*. 2023. Вип. 3. С. 53–61. DOI: 10.33730/2077-4893.3.2023.287763

29. Мудрак О. В., Мудрак Г. В., Семенів В. С., Антонюк Ю. П., Рябоконь О. В., Герасімова О. В. Екологічний моніторинг агросфери: теорія, методологія, практика. *Агроєкологічний журнал*. 2024. Вип. 3. С. 26–37. DOI: 10.33730/2077-4893.3.2024.311178
30. Нехай В. В., Литвинов В. В. Ретроспективний аналіз інформаційних технологій моделювання та прогнозування стану родючості ґрунту. *Технічні науки та технології*. 2016. Вип. 3(5). С. 247–247.
31. Пасічник Н. А., Опришко О. О., Тараріко О. Г. Дистанційне зондування агрофітоценозів із платформи БПЛА для оцінки рівня живлення рослин. *Агроєкологічний журнал*. 2021. Вип. 4. С. 75–81. DOI: 10.33730/2077-4893.4.2021.252958
32. Пашенко Р., Марюшко М. Моніторинг змін стану сільськогосподарських земель за даними фрактального аналізу космічних знімків. *Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць*. 2021. Вип. 3(65). С. 8–17. DOI: 10.26906/SUNZ.2021.3.008
33. Пашенко Р., Марюшко М. Оцінка впливу яскравості космічних знімків сільськогосподарських культур на величини фрактальних розмірностей та індексів NDVI. *Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць*. 2024. Вип. 3(77). С. 5–10. DOI: 10.26906/SUNZ.2024.3.005
34. Підлипна М. П. Використання даних супутника Landsat за допомогою програмного забезпечення ERDAS Imagine для здійснення зонування земель. *Молодий вчений*. 2016. Вип. 2. С. 125–130.
35. Романко Р. М. Вдосконалення класифікації процесів змін стану земель на основі даних дистанційного зондування. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2013. Вип. 2. С. 210–217.
36. Сиротенко О. В. Система аерокосмічного сільськогосподарського агромоніторингу. *Система дослідження та моделювання в землеробстві: збірник наукових праць*. 1998. С. 286–293.
37. Тараріко О. Г., Дем'янюк О. С., Ільєнко Т. В., Солоха М. О., Лиховид П. В. Супутниковий інформаційний ресурс – сучасний потенціал для вирішення екологічних проблем агросфери України. *Збалансоване природокористування*. 2025. Вип. 1. С. 55–71. DOI: 10.33730/2310-4678.1.2025.328357
38. Тараріко О. Г., Ільєнко Т. В., Кучма Т. Л., Адамчук-Чала Н. І., Білокінь О. А. Формування науково-методичних засад супутникового агроєкологічного моніторингу в Україні. *Агроєкологічний журнал*. 2022. Вип. 2. С. 6–21. DOI: 10.33730/2077-4893.2.2022.263312
39. Тараріко О. Г., Ільєнко Т. В., Кучма Т. Л., Білокінь О. А. Ерозія ґрунтів як чинник опустелювання агроландшафтів України. *Агроєкологічний журнал*. 2021. Вип. 3. С. 6–16. DOI: 10.33730/2077-4893.3.2021.240316
40. Тараріко О. Г., Сиротенко О. В., Кучма Т. Л., Ільєнко Т. В. Аерокосмічний моніторинг опустелювання та деградації земель / за ред. О. І. Фурдичка. 2017. 55 с.
41. Тараріко О., Ільєнко Т., Васільєв Д. Вимоги до супутникових даних у системі геопросторового агроєкологічного моніторингу. *Вісник аграрної науки*. 2025. Вип. 103(12). С. 54–63. DOI: 10.31073/agrovisnyk202512-06
42. Ткачук О. П., Мазур О. В. Екологічний аналіз основних положень нового порядку проведення моніторингу земель і ґрунтів в Україні. *Екологічні науки*. 2025. Вип. 1(58). С. 164–172. DOI: 10.32846/2306-9716/2025.eco.1-58.28
43. Трускавецький С. Р., Вяткін К. В., Шерстюк О. І. Моніторинг ерозійних процесів за даними космічного знімання. *Агроєкологічний журнал*. 2015. Вип. 3. С. 60–65.
44. Фурдичко О., Дребот О. Управління агресурсами України засобами аерокосмічного дистанційного зондування: актуальність та перспективи. *Вісник аграрної науки*. 2019. Вип. 97(6). С. 5–12. DOI: 10.31073/agrovisnyk201906-01
45. Фурдичко О., Тараріко О., Ільєнко Т., Коковіхін С., Солоха М. Науково-методичні засади дистанційного агроєкологічного моніторингу та прогно-

зування. *Вісник аграрної науки*. 2022. Вип. 100(4). С. 64–71. DOI: 10.31073/agrovisnyk202204-08

46. Чорний С. Г., Абрамов Д. А. Моніторинг вмісту гумусу у чорноземі південному з використанням багатоспектральних знімків супутників Landsat: просторові та тимчасові аспекти. *Грунтознавство*. 2016. Vol. 17(1-2). Р. 22–30.

47. Чорний С., Садова Д. Ш. Діагностика еродованих чорноземів південних за допомогою багатоспектральних супутникових зображень «Ландсат-8». *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2020. Вип. 89. С. 83–89. DOI: 10.31073/acss89-09

48. Шевченко А. М., Власова О. В. Просторове оцінювання вологозабезпеченості агроландшафтів степової зони України. *Агроекологічний журнал*. 2012. Вип. 4. С. 35–38.

49. Шевченко А. М., Власова О. В., Удовенко В. В., Боженко Р. П. Розвиток науково-методичних основ оцінювання екологічного стану меліорованих земель і водних об'єктів. *Меліорація і водне господарство*. 2019. Вип. 2. С. 78–86. DOI: 10.31073/mivg201902-204

50. Шевченко А., Сиротенко О. Концепція аерокосмічного зондування агрономічних ресурсів в Україні. *Геодезія, картографія та аерофотознімання: міжвідомчий наук.-техніч. збірник*. 1997. Вип. 58. С. 149–151.

51. Яцук І. П., Дегтярьов В. В., Тихоненко Д. Г., Горін М. О. Моніторинг ґрунтів природних та агрокосистем як наукова основа збереження ґрунтового різноманіття. *Агроекологічний журнал*. 2016. Вип. 4. С. 57–66.

52. Adedibu P. A. Ecological problems of agriculture: impacts and sustainable solutions. *ScienceOpen preprints*. 2023. DOI: 10.14293/PR2199.000145.v1

53. Lykhovyd P. V. A case study on the possibility of soil meliorative state assessment by remote sensing data. *International scientific journal «Grail of Science»*. 2023. Vol. 27. Р. 226–230. DOI: 10.36074/grail-of-science.12.05.2023.034

54. Lykhovyd P. V. The use of spatial normalized difference vegetation index for determination of humus content in the soils of southern Ukraine. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2023. Vol. 24(4). Р. 223–228. DOI: 10.12912/27197050/162698

55. Lykhovyd P., Vozhehova R., Hranovska L., Bidnyna I., Shablia O., Kokoiko V., Koblai S., Solomonov R., Kulidzhanov E., Hnylytskyi Ye. Implementation of agroecological zoning index to map the suitability of agricultural lands of the Steppe zone of Ukraine for the cultivation of major crops. *Modern Phytomorphology*. 2024. Vol. 18. Р. 41–46.

56. Rouse Jr J. W., Benton Jr A. R., Toler R. W., Haas R. H. Three examples of applied remote sensing of vegetation. In *NASA. Lyndon B. Johnson Space Center NASA Earth Resources Surveys Symposium*. 1975. Vol. 1-C. No. L-19.

57. Tarariko O., Iliencko T., Kuchma T., Novakovska I. Satellite agroecological monitoring within the system of sustainable environmental management. *Agricultural science and practice*. 2019. Vol. 6(1). Р. 18–27. DOI: 10.15407/agrisp6.01.018

58. Vikas, Ranjan R. Agroecological approaches to sustainable development. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2024. Vol. 8. Р. 1405409. DOI: 10.3389/fsufs.2024.1405409

Дата першого надходження статті до видання: 01.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 633.854.78:631.811.98:631.53.011:631.559
DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.1.2>

ВПЛИВ ПОЗАКОРЕНЕВОГО ЗАСТОСУВАННЯ СТИМУЛЯТОРІВ РОСТУ НА ВРОЖАЙНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ НАСІННЯ ГІБРИДІВ СОНЯШНИКУ РІЗНИХ ГРУП СТИГЛОСТІ В УМОВАХ ПІВНІЧНОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

Алексеев А.В. – здобувач наукового ступеня доктора філософії
кафедри рослинництва,

Дніпровський державний аграрно-економічний університет
orcid.org/0009-0005-2911-0478

Іжболдін О.О. – к.с.-г.н., доцент, доцент кафедри рослинництва,
Дніпровський державний аграрно-економічний університет
orcid.org/0000-0002-8076-7206

У статті наведено результати польових досліджень щодо оцінки впливу позакореневого застосування стимуляторів росту на врожайність та якість насіння гібридів соняшнику різних груп стиглості в умовах Північного Степу України. Актуальність дослідження зумовлена важливим значенням соняшнику у структурі посівних площ і формуванні сировинної бази олійно-жирової галузі, а також необхідністю підвищення стабільності врожайності та олійності насіння в умовах нестійкого зволоження, високих температур і частого прояву абіотичних стресів. Метою роботи було встановити особливості реакції гібридів соняшнику різних груп стиглості на позакореневе застосування стимуляторів росту та визначити їх вплив на формування врожайності і вмісту жиру в насінні.

Дослідження проводили у 2023–2025 рр. в умовах Навчально-наукового центру Дніпровського державного аграрно-економічного університету. Схема досліджу передбачала вивчення двох факторів: гібридів соняшнику різних груп стиглості та варіантів позакореневого застосування препаратів Вимпел 2, Авангард Гроу Аміно та Авангард Гроу Гумат. Позакореневу обробку виконували у фазі 6–8 листків соняшнику. Урожайність визначали методом суцільного обмолоту облікових ділянок, вміст жиру в насінні – експрес-методом на каліброваному аналізаторі. Статистичну обробку результатів здійснювали методом дисперсійного аналізу.

Встановлено, що погодні умови в роки досліджень були визначальним чинником формування продуктивності соняшнику. Найвищий рівень врожайності та олійності насіння сформовано у 2023 р., дещо нижчі показники отримано у 2024 р., а мінімальні – у 2025 р., що було зумовлено більш жорсткими гідротермічними умовами вегетаційного періоду. Загальний діапазон урожайності насіння гібридів соняшнику за роками проведення досліджень становив 3,01–4,10 т/га у 2023 р., 2,70–3,66 т/га у 2024 р. та 1,40–2,45 т/га у 2025 р. Вміст жиру в насінні змінювався в межах 52,0–55,2 %, 50,5–53,2 % та 45,7–49,8 %, відповідно. Це свідчить про суттєву залежність реалізації продуктивного потенціалу гібридів і процесів накопичення ліпідів у насінні від рівня зволоження та температурного режиму.

Доведено, що позакореневе застосування стимуляторів росту забезпечувало стабільне підвищення врожайності в усіх досліджуваних гібридів незалежно від групи стиглості. Найвищу ефективність за сукупністю показників продемонстрував препарат Авангард Гроу Гумат, який переважав контроль та інші варіанти обробки рослин соняшнику. Близький за результативністю ефект забезпечував препарат Авангард Гроу Аміно, тоді як Вимпел 2 формував помірний, але стійкий позитивний вплив. В середньому за 2023–2025 рр. рівень врожайності насіння гібридів соняшнику зростав на 0,21–0,67 т/га порівняно з контролем, а вміст жиру – на 0,33–1,27 %. Відзначено, що за посилення абіотичного стресу у 2025 р. відносна ефективність позакореневих обробок зростала, що підтверджує доцільність їх застосування як елемента адаптивної технології вирощування соняшнику.



Отримані результати свідчать, що використання стимуляторів росту у системі позакореневого підживлення є дієвим агротехнологічним заходом підвищення врожайності та покращення якості насіння соняшнику. Для умов Північного Степу України найбільш перспективним є застосування препарату Авангард Гроу Гумат, який забезпечує найкраще поєднання продуктивності та вміст жиру в насінні соняшнику. Практичне значення дослідження полягає в обґрунтуванні ефективних рішень для адаптації технології вирощування соняшнику до мінливих погодних умов та підвищення результативності виробництва.

Ключові слова: соняшник, гібрид, група стиглості, позакореневе підживлення, стимулятори росту, врожайність, якість насіння, вміст жиру, онтогенез.

Aleksieiev A. V., Izhboldin O. O. Effect of foliar application of growth stimulants on seed yield and quality of sunflower hybrids of different maturity groups under the conditions of the Northern Steppe of Ukraine

The article presents the results of field studies aimed at evaluating the effect of foliar application of growth stimulants on the yield and seed quality of sunflower hybrids belonging to different maturity groups under the conditions of the Northern Steppe of Ukraine. The relevance of the study is обусловлена the important role of sunflower in the cropping pattern and in the formation of the raw material base for the oil and fat industry, as well as by the need to improve the stability of seed yield and oil content under conditions of unstable moisture supply, high temperatures, and frequent abiotic stresses. The aim of the study was to determine the response characteristics of sunflower hybrids of different maturity groups to foliar application of growth stimulants and to establish their effect on yield formation and seed oil content.

The study was conducted in 2023–2025 at the Educational and Scientific Center of Dnipro State Agrarian and Economic University. The experimental design included two factors: sunflower hybrids of different maturity groups and variants of foliar application of the preparations Vympel 2, Avangard Grow Amino, and Avangard Grow Humate. Foliar treatment was carried out at the 6–8 leaf stage of sunflower plants. Yield was determined by complete harvesting of accounting plots, whereas seed oil content was measured by an express method using a calibrated analyzer. Statistical processing of the results was performed by analysis of variance.

It was established that weather conditions during the years of study were the determining factor in sunflower productivity formation. The highest level of yield and seed oil content was recorded in 2023, somewhat lower values were obtained in 2024, and the minimum values were observed in 2025, which was due to more severe hydrothermal conditions during the growing season. The overall range of seed yield of sunflower hybrids across the years of the study was 3.01–4.10 t/ha in 2023, 2.70–3.66 t/ha in 2024, and 1.40–2.45 t/ha in 2025. Seed oil content varied within 52.0–55.2%, 50.5–53.2%, and 45.7–49.8%, respectively. This indicates a substantial dependence of the realization of the productive potential of hybrids and the processes of lipid accumulation in seeds on the level of moisture supply and temperature regime.

It was proved that foliar application of growth stimulants ensured a stable increase in yield in all studied sunflower hybrids regardless of maturity group. In terms of the combined set of indicators, the highest efficiency was demonstrated by Avangard Grow Humate, which outperformed the control and the other treatment options. Avangard Grow Amino showed a similar effect in terms of performance, whereas Vympel 2 provided a moderate but consistent positive effect. On average, in 2023–2025, the seed yield of sunflower hybrids increased by 0.21–0.67 t/ha compared with the control, while seed oil content increased by 0.33–1.27%. It was also found that under intensified abiotic stress in 2025, the relative efficiency of foliar treatments increased, confirming the expediency of their use as an element of adaptive sunflower cultivation technology.

The obtained results indicate that the use of growth stimulants in the foliar nutrition system is an effective agronomic measure for increasing sunflower yield and improving seed quality. Under the conditions of the Northern Steppe of Ukraine, the most promising preparation was Avangard Grow Humate, which provided the best combination of productivity and seed oil content. The practical significance of the study lies in substantiating effective solutions for adapting sunflower cultivation technology to variable weather conditions.

Key words: sunflower; hybrid; maturity group; foliar feeding; growth stimulants; yield; seed quality; oil content; ontogenesis.

Актуальність теми дослідження. Соняшник є однією з провідних олійних культур України і ключовим елементом спеціалізації рослинництва, оскільки формує значну частку сировинної бази для олійно-жирової промисловості та визначає економічну результативність аграрного виробництва [1, 4, 9]. Для степової

зони характерні нестійке зволоження, часта повторюваність посушливих періодів і високі температури у критичні фази формування врожаю, що обмежує реалізацію продуктивного потенціалу гібридів і зумовлює значну щорічну мінливість показників [2, 14]. За таких умов особливої уваги набувають технологічні прийоми, здатні підтримувати інтенсивність фотосинтетичних процесів, ефективність використання води та повноцінний налив насіння, оскільки саме ці ланки є найбільш чутливими до абіотичного стресу [7, 13].

Сучасні підходи до підвищення продуктивності соняшнику пов'язують з поєднанням елементів ресурсозбереження, оптимізації мінерального живлення та застосуванням біологічно активних препаратів, у тому числі мікродобрив, бактеріальних препаратів і біостимуляторів, здатних покращувати адаптивність рослин і стабілізувати якісні показники насіння [5, 6, 8]. Додатковим аргументом на користь наукового обґрунтування таких рішень є агроекологічні наслідки високого насичення сівозмін соняшником, що може змінювати біологічну активність ґрунту та функціональний стан агроекосистеми, опосередковано впливаючи на ефективність технологічних заходів [3]. У цьому контексті оцінювання впливу позакореневого застосування стимуляторів росту на врожайність та вміст жиру в насінні гібридів соняшнику різних груп стиглості є актуальним завданням для умов Північного Степу України [14].

Постановка проблеми. У виробництві пріоритетом є не лише підвищення врожайності соняшнику, а й забезпечення високої якості насіння, насамперед за показником вмісту жиру, оскільки навіть помірні зміни олійності істотно впливають на вихід товарної продукції та економічні результати переробки [4, 11]. Разом з тим поширення високопродуктивних гібридів і розширення площ культури не завжди супроводжуються пропорційним зростанням результативності, що часто пов'язують із нестабільністю вологозабезпечення, порушеннями технологічної дисципліни та недостатньою адаптацією елементів технології до конкретних ґрунтово-кліматичних умов [3, 12]. Отже, практична потреба полягає у відборі таких прийомів, які одночасно підтримують продуктивність і не погіршують якісні параметри насіння соняшнику у стресових умовах року.

Позакореневі обробки мікроелементними та біологічно активними препаратами розглядаються як один з інструментів корекції живлення та підвищення стійкості рослин до абіотичних чинників, проте величина ефекту суттєво варіює залежно від гідротермічного режиму року, агрофону та генотипу, що ускладнює формування універсальних рекомендацій [5, 8]. Додатково актуальним залишається питання узгодженості реакції гібридів соняшнику різних груп стиглості на позакореневе застосування стимуляторів росту, оскільки відмінності тривалості вегетації та фазової чутливості можуть змінювати як продуктивну реакцію, так і спрямованість змін олійності [4]. Таким чином, наукова проблема полягає у кількісній оцінці та порівнянні впливу позакореневих стимуляторів росту на врожайність і вміст жиру в насінні соняшнику з урахуванням мінливості року і реакції гібридів різних груп стиглості в умовах степової зони України [15].

Методика досліджень. Польові дослідження виконували у 2023–2025 рр. на науково-дослідному полі Навчально-наукового центру Дніпровського державного аграрно-економічного університету. Ґрунт дослідної ділянки представлений чорноземом звичайним малогумусовим середньосуглинковим з потужністю гумусового горизонту 60–75 см. Агротехніка вирощування соняшнику відповідала зональним рекомендаціям для умов Північного Степу України. Попередник – пшениця озима. Мінеральні добрива у нормі $N_{24}P_{24}K_{24}$ вносили навесні під передпосівну культивуацію.

Польовий дослід закладали за двофакторною схемою. Фактор А – гібриди соняшнику (різних груп стиглості). Фактор В – варіанти позакореневого застосування препаратів: контроль без обробки, Вимпел 2 (норма 0,5 л/га), Авангард Гроу Аміно (норма 1,5 л/га), Авангард Гроу Гумат (норма 1,0 л/га). Позакореневі обробки проводили у фазу 6–8 листків методом суцільного обприскування посівів робочим розчином із забезпеченням рівномірного покриття листової поверхні рослин соняшнику.

Розміщення ділянок у досліді здійснювали систематично з рендомізацією варіантів у межах повторень, повторність була чотириразовою. Облік урожаю проводили у фазі повної стиглості шляхом суцільного обмолоту облікової ділянки, а врожайність перераховували у т/га за стандартної вологості. Вміст жиру в насінні визначали експрес-методом на каліброваному аналізаторі за ДСТУ ISO 10565:2003 [10].

Статистичну обробку результатів виконували методом дисперсійного аналізу з оцінкою впливу факторів А, В та їх взаємодії $A \times B$ [13].

Результати досліджень. У результаті проведених досліджень в 2023–2025 рр. встановлено, що врожайність та вміст жиру в насінні соняшнику істотно залежали від умов року, гібриду та позакореневого застосування стимуляторів росту. Найвищі показники формувалися у 2023 р., нижчі у 2024 р., а мінімальні у 2025 р. Так, врожайність у досліді змінювалася від 3,01–4,10 т/га у 2023 р. до 1,40–2,45 т/га у 2025 р. (табл. 1), а вміст жиру відповідно від 52,0–55,2 % до 45,7–49,8 % (табл. 2). Це підтверджує визначальний вплив гідротермічних умов на реалізацію продуктивного потенціалу гібридів соняшнику.

У всіх досліджуваних гібридів соняшнику позакореневе застосування стимуляторів росту забезпечувало підвищення врожайності порівняно з контролем. Найвищу ефективність у більшості випадків забезпечував препарат Авангард Гроу Гумат, дещо менший, але також виразний ефект формував препарат Авангард Гроу Аміно, тоді як препарат Вимпел 2 забезпечував помірний позитивний приріст. У ранньостиглого гібриду БЕЛЬВЕДЕРА врожайність при застосуванні препарату Авангард Гроу Гумат зростала з 3,09 до 3,62 т/га у 2023 р. та з 1,70 до 2,45 т/га у 2025 р., у середньораннього гібриду соняшнику ЕС ЕЛЕНІС – з 3,31 до 3,98 т/га та з 1,55 до 2,40 т/га, відповідно.

Найвищий рівень продуктивності в досліді формували переважно середньостиглі, а також окремі середньоранні гібриди соняшнику, що свідчить про кращу реалізацію їх урожайного потенціалу в умовах Північного Степу України. За абсолютними показниками врожайності особливо виділявся середньостиглий гібрид НК КОНДІ, тоді як серед середньоранньої групи стиглості найбільш продуктивними були гібриди ЕС ЕЛЕНІС і АЛЬКАНТАРА.

Серед досліджуваних препаратів найвищу ефективність у більшості варіантів забезпечував Авангард Гроу Гумат, який стабільно формував найбільший приріст урожайності порівняно з контролем. Це дає підстави розглядати його як найбільш результативний елемент позакореневого підживлення в технології вирощування гібридів соняшнику в умовах Північного Степу України.

При вивченні вмісту жиру в насінні встановлено, що позакореневе застосування стимуляторів росту в усіх досліджуваних гібридів сприяло підвищенню олійності порівняно з контролем. Найвищу ефективність у більшості випадків, як і за врожайністю, забезпечував препарат Авангард Гроу Гумат, дещо менший, але також виразний ефект формував препарат Авангард Гроу Аміно, тоді як Вимпел 2 забезпечував помірне підвищення показника вмісту жиру в насінні (табл. 2).

Таблиця 1

Вплив позакореневого застосування стимуляторів росту на врожайність насіння гібридів соняшнику різних груп стиглості, т/га

Гібрид (фактор А)	Варіант досліді (фактор В)	Роки		
		2023	2024	2025
БЕЛЬВЕДЕР (ранньостиглий)	Контроль (без обробки)	3,09	2,75	1,70
	Вимпел 2 (0,5 л/га)	3,39	2,98	1,88
	Авангард Гроу Аміно (1,5 л/га)	3,27	3,03	2,30
	Авангард Гроу Гумат (1,0 л/га)	3,62	3,08	2,45
СУОМІ (ранньостиглий)	Контроль (без обробки)	3,01	2,70	1,65
	Вимпел 2 (0,5 л/га)	3,26	2,92	1,82
	Авангард Гроу Аміно (1,5 л/га)	3,25	2,97	2,20
	Авангард Гроу Гумат (1,0 л/га)	3,38	3,02	2,35
ЕС ЕЛЕНІС (середньоранній)	Контроль (без обробки)	3,31	2,95	1,55
	Вимпел 2 (0,5 л/га)	3,90	3,32	1,78
	Авангард Гроу Аміно (1,5 л/га)	3,84	3,35	2,25
	Авангард Гроу Гумат (1,0 л/га)	3,98	3,42	2,40
АЛЬКАНТАРА (середньоранній)	Контроль (без обробки)	3,47	3,20	1,65
	Вимпел 2 (0,5 л/га)	3,83	3,48	1,88
	Авангард Гроу Аміно (1,5 л/га)	3,72	3,50	2,20
	Авангард Гроу Гумат (1,0 л/га)	3,92	3,58	2,40
НК КОНДІ (середньостиглий)	Контроль (без обробки)	3,77	3,30	1,50
	Вимпел 2 (0,5 л/га)	3,97	3,55	1,70
	Авангард Гроу Аміно (1,5 л/га)	3,90	3,58	1,92
	Авангард Гроу Гумат (1,0 л/га)	4,10	3,66	2,05
СИ АМАЗОНІЯ (середньостиглий)	Контроль (без обробки)	3,63	3,22	1,40
	Вимпел 2 (0,5 л/га)	3,82	3,45	1,62
	Авангард Гроу Аміно (1,5 л/га)	3,75	3,48	1,76
	Авангард Гроу Гумат (1,0 л/га)	3,94	3,56	1,90
НІР ₀₅ , т/га фактор А		0,12	0,11	0,11
фактор В		0,11	0,09	0,10
взаємодія АВ		0,14	0,13	0,14

Таблиця 2

Вплив позакореневого застосування стимуляторів росту на вміст жиру в насінні гібридів соняшнику різних груп стиглості, %

Гібрид (фактор А)	Варіант досліді (фактор В)	Роки		
		2023	2024	2025
БЕЛЬВЕДЕР (ранньостиглий)	Контроль (без обробки)	54,4	50,5	48,0
	Вимпел 2 (0,5 л/га)	54,7	50,9	48,3
	Авангард Гроу Аміно (1,5 л/га)	55,2	51,4	48,8
	Авангард Гроу Гумат (1,0 л/га)	55,2	51,7	49,2
СУОМІ (ранньостиглий)	Контроль (без обробки)	53,6	51,9	47,9
	Вимпел 2 (0,5 л/га)	53,9	52,3	48,3
	Авангард Гроу Аміно (1,5 л/га)	54,5	52,6	48,6
	Авангард Гроу Гумат (1,0 л/га)	54,8	53,2	48,9

Продовження таблиці 2

Гібрид (фактор А)	Варіант досліду (фактор В)	Роки		
		2023	2024	2025
ЕС ЕЛЕНІС (середньоранній)	Контроль (без обробки)	53,3	50,5	45,7
	Вимпел 2 (0,5 л/га)	53,8	51,0	46,1
	Авангард Гроу Аміно (1,5 л/га)	54,1	51,3	46,5
	Авангард Гроу Гумат (1,0 л/га)	54,5	51,8	47,0
АЛЬКАНТАРА (середньоранній)	Контроль (без обробки)	52,0	50,5	48,6
	Вимпел 2 (0,5 л/га)	52,4	50,9	49,0
	Авангард Гроу Аміно (1,5 л/га)	52,9	51,2	49,3
	Авангард Гроу Гумат (1,0 л/га)	53,2	51,6	49,7
НК КОНДІ (середньостиглий)	Контроль (без обробки)	52,3	51,7	48,6
	Вимпел 2 (0,5 л/га)	52,6	52,1	49,0
	Авангард Гроу Аміно (1,5 л/га)	53,0	52,5	49,5
	Авангард Гроу Гумат (1,0 л/га)	53,4	52,8	49,8
СИ АМАЗОНІЯ (середньостиглий)	Контроль (без обробки)	53,3	51,7	47,1
	Вимпел 2 (0,5 л/га)	53,7	52,0	47,5
	Авангард Гроу Аміно (1,5 л/га)	54,0	52,5	47,8
	Авангард Гроу Гумат (1,0 л/га)	54,5	53,0	48,3
НІР ₀₅ , % фактор А		0,4	0,4	0,3
фактор В		0,3	0,3	0,2
взаємодія АВ		0,5	0,5	0,6

У ранньостиглій групі найвищі показники олійності формувалися у гібридів БЕЛЬВЕДЕРА і СУОМІ. При застосуванні препарату Авангард Гроу Гумат у гібрида БЕЛЬВЕДЕРА вміст жиру підвищувався з 54,4 до 55,2 % у 2023 р. та з 48,0 до 49,2 % у 2025 р., у гібриду СУОМІ – з 53,6 до 54,8 % і з 47,9 до 48,9 %, відповідно. У середньоранній групі найбільш виразну реакцію виявив гібрид соняшнику ЕС ЕЛЕНІС, у якого вміст жиру зростає з 53,3 до 54,5 % у 2023 р. та з 45,7 до 47,0 % у 2025 р., тоді як у гібриду соняшнику АЛЬКАНТАРА відповідні зміни становили 52,0 і 53,2 % та 48,6 і 49,7 %. У середньостиглій групі у гібриду НК КОНДІ вміст жиру за застосування Авангард Гроу Гумат підвищувався з 52,3 до 53,4 % у 2023 р. та з 48,6 до 49,8 % у 2025 р., у гібриду СИ АМАЗОНІЯ – з 53,3 до 54,5 % і з 47,1 до 48,3 %, відповідно.

Узагальнення середніх показників за 2023–2025 рр. дало змогу об'єктивніше оцінити ефективність досліджуваних препаратів за впливом на врожайність та вміст жиру в насінні соняшнику (табл. 3).

За середніми даними досліджень у ранньостиглій групі в гібриду БЕЛЬВЕДЕР при застосуванні препарату Авангард Гроу Гумат урожайність підвищувалася з 2,51 до 3,05 т/га, а вміст жиру – з 50,9 до 52,0 %. У гібриду СУОМІ відповідні зміни становили 2,45 і 2,92 т/га та 51,1 і 52,3 %. Це свідчить, що ранньостиглі гібриди добре реагували на позакореневі обробки не лише приростом урожайності, але й підвищенням олійності насіння. У середньоранній групі найбільш виразну реакцію за сукупністю показників виявили гібриди ЕС ЕЛЕНІС і АЛЬКАНТАРА. У гібриду ЕС ЕЛЕНІС урожайність зростала з 2,60 до 3,27 т/га, а вміст жиру – з 49,8 до 51,1 %. У гібриду АЛЬКАНТАРА ці показники підвищувалися з 2,77 до 3,30 т/га та з 50,3 до 51,5 %, відповідно. Отже, саме середньоранні гібриди забезпечували одні з найкращих результатів за врожайністю насіння. Середньостиглі гібриди також відзначалися високим рівнем реалізації продуктивного потенціалу. А саме, у гібриду НК КОНДІ при застосуванні препарату Авангард Гроу Гумат урожайність підвищувалася з 2,86

до 3,27 т/га, а вміст жиру – з 50,8 до 52,0 %. У гібриду СИ АМАЗОНІЯ відповідні зміни становили 2,75 і 3,13 т/га та 50,70 і 51,93 %. Це дає підстави вважати, що середньостиглі гібриди поєднували досить високий абсолютний рівень урожайності з позитивною реакцією на позакореневе підживлення.

Таблиця 3

Вплив позакореневого застосування стимуляторів росту на врожайність та вміст жиру в насінні гібридів соняшнику різних груп стиглості (середнє за 2023–2025 рр.)

Гібрид (фактор А)	Варіант дослід (фактор В)	Врожайність, т/га	Вміст жиру, %
БЕЛЬВЕДЕР (ранньостиглий)	Контроль (без обробки)	2,51	50,9
	Вимпел 2 (0,5 л/га)	2,75	51,3
	Авангард Гроу Аміно (1,5 л/га)	2,87	51,8
	Авангард Гроу Гумат (1,0 л/га)	3,05	52,0
СУОМІ (ранньостиглий)	Контроль (без обробки)	2,45	51,1
	Вимпел 2 (0,5 л/га)	2,67	51,5
	Авангард Гроу Аміно (1,5 л/га)	2,81	51,9
	Авангард Гроу Гумат (1,0 л/га)	2,92	52,3
ЕС ЕЛЕНІС (середньоранній)	Контроль (без обробки)	2,60	49,8
	Вимпел 2 (0,5 л/га)	3,00	50,3
	Авангард Гроу Аміно (1,5 л/га)	3,15	50,6
	Авангард Гроу Гумат (1,0 л/га)	3,27	51,1
АЛЬКАНТАРА (середньоранній)	Контроль (без обробки)	2,77	50,3
	Вимпел 2 (0,5 л/га)	3,06	50,7
	Авангард Гроу Аміно (1,5 л/га)	3,14	51,1
	Авангард Гроу Гумат (1,0 л/га)	3,30	51,5
НК КОНДІ (середньостиглий)	Контроль (без обробки)	2,86	50,8
	Вимпел 2 (0,5 л/га)	3,07	51,2
	Авангард Гроу Аміно (1,5 л/га)	3,13	51,6
	Авангард Гроу Гумат (1,0 л/га)	3,27	52,0
СИ АМАЗОНІЯ (середньостиглий)	Контроль (без обробки)	2,75	50,7
	Вимпел 2 (0,5 л/га)	2,96	51,0
	Авангард Гроу Аміно (1,5 л/га)	3,00	51,4
	Авангард Гроу Гумат (1,0 л/га)	3,13	51,9
НІР ₀₅ , % фактор А		0,11–0,12	0,3–0,4
фактор В		0,09–0,11	0,2–0,3
взаємодія АВ		0,13–0,14	0,5–0,6

Висновки та перспективи подальших досліджень. Умови Північного Степу України істотно впливали на формування врожайності та вмісту жиру в насінні соняшнику, тому найвищі показники одержано у 2023 р., коли врожайність у польовому досліді становила 3,01–4,10 т/га, а вміст жиру 52,0–55,2 %, тоді як у 2025 р. вони знижувалися до 1,40–2,45 т/га і 45,7–49,8 %, відповідно.

Позакореневе застосування стимуляторів росту в усіх групах стиглості гібридів соняшнику забезпечувало підвищення врожайності та помірне покращення якості насіння порівняно з контролем. Найвищу ефективність за сукупністю показників у більшості випадків забезпечував препарат Авангард Гроу Гумат, за якого середня врожайність зростала, зокрема, у гібриду БЕЛЬВЕДЕР з 2,51 до 3,05 т/га, у гібридів ЕС ЕЛЕНІС і АЛЬКАНТАРА – з 2,60 до 3,27 т/га та з 2,67 до 3,30 т/га, відповідно, а вміст жиру – з 50,9 до 52,0 %, з 49,8 до 51,1 % і з 49,9 до 51,2 %, відповідно.

Найбільш виразно дія стимуляторів росту проявлялася у 2025 році, що свідчить про їх доцільність як адаптивного елемента технології вирощування соняшнику в умовах абіотичного стресу.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на вивчення ефективності позако-рневих стимуляторів росту залежно від рівня мінерального живлення, вологоза-безпечення та біологічних особливостей гібридів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Базалій В. В., Добровольський А. В. Нові можливості підвищення ефек-тивності виробництва продукції соняшника. *Таврійський науковий вісник*. 2015. Вип. 93. С. 3–5.
2. Балюк С. А., Медведєв В. В., Воротинцева Л. І., Шимель В. В. Сучасні про-блеми деградації ґрунтів і заходи щодо досягнення нейтрального її рівня. *Вісник аграрної науки*. 2017. Т. 95, № 8. С. 5–11. doi: 10.31073/agrovisnyk201708-01.
3. Боровська І. Фізіологічні потреби соняшника – новий виклик природи. *Зерно*. 2020. № 7. С. 38–39.
4. Вожегова Р. А., Мальярчук М., Митрофанов О., Мігальов А., Мальярчук В. Ефективність сучасних технологій вирощування соняшнику за різних умов зволо-ження та способів і глибини основного обробітку ґрунту на півдні України. *Тех-ніка і технології АПК*. 2013. № 1. С. 19–21.
5. Гаврилюк М. М., Салатенко В. Н., Чехов А. В. Олійні культури в Україні : навч. посібник / за ред. В. Н. Салатенка. Київ : Основа, 2008. 420 с.
6. Гамаюнова В. В., Коваленко О. А., Хоценко Л. Г. Сучасні підходи до ведення землеробської галузі на засадах біологізації та ресурсозбереження. Рациональне використання ресурсів в умовах екологічно стабільних територій : кол. моногр. Полтава : ТОВ НВП «Укрпромторгсервіс», 2018. С. 232–342.
7. Кілочок Т. П., Козечко В. Г., Шевченко С. М., Якубенко Ю. Л., Козечко Вал. І., Прищедько Н. О. Ефективність застосування мікробного препарату ГЗх при вирощуванні гібридів соняшнику. *Таврійський науковий вісник*. 2025. № 143. Ч. 1. С. 128–138. doi: 10.32782/2226-0099.2025.143.1.16.
8. Коваленко О. А., Федорчук М. І., Нерода Р. С., Донець Я. Л. Вирощування соняшника за використання мікродобрив та бактеріальних препаратів. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2020. № 2. С. 26–35. doi: 10.31210/visnyk2020.02.03.
9. Кучерявий В. Л. Екологія. Львів : Світ, 2000. 500 с.
10. Рожков А. О., Пузік В. К., Каленська С. М. та ін. Дослідна справа в агроно-мії: навч. посібник: у 2 кн. Кн. 1. Теоретичні аспекти дослідної справи. Х.: Май-дан, 2016. 316 с.
11. Ткаліч І. Д., Гирка А. Д., Бочевар О. В., Ткаліч Ю. І. Агротехнічні заходи підвищення урожайності насіння соняшника в умовах Степу України. *Зернові культури*. 2018. Т. 2. № 1. С. 44–52. doi: 10.31867/2523-4544/0006.
12. Ткаліч Ю. І., Козечко В. І., Шевченко С. М., Бондаренко А. С. Інкрустація насіння як фактор регулювання схожості та урожайності кукурудзи і соняшника в умовах степової зони. *Таврійський науковий вісник*. 2025. № 143. Ч. 2. С. 105–113. doi: 10.32782/2226-0099.2025.143.2.13.
13. Ушкаренко В. О., Вожегова Р. А., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Ста-тистичний аналіз результатів польових дослідів у землеробстві. Херсон : Айлант, 2013. 381 с.
14. Циліорик О. І., Шевченко С. М., Гончар Н. В., Шевченко О. М., Дереве-нець-Шевченко К. А., Швець Н. В. Біологічна активність ґрунту короткоротацій-ної сівозміни за максимального насичення соняшником. Науково-технічний бюле-тен Інституту олійних культур НААН. 2021. № 30. С. 105–115. doi: 10.36710/ioc-2021-30-11.
15. Aksyonov I. V., Shevchenko S. M., Kolesnykova K. V., Yevtushenko H. O., Barbov V. B. Method of evaluation, selection, and creation of new initial material in sunflower breeding. *Agrology*. 2025. Vol. 8. No. 2. P. 73–77. doi: 10.32819/202510.

Дата першого надходження статті до видання: 03.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 634.8(477.42)

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.1.3>

ЗАМОРОЗКОСТІЙКІСТЬ РОСЛИН СТОЛОВОГО ВИНОГРАДУ В УМОВАХ ЖИТОМИРЩИНИ

Алексєєвич Т.М. – к.с.-г.н., доцент,

Житомирський агротехнічний фаховий коледж

orcid.org/0009-0004-4962-775X

Залевський Р.А. – к.с.-г.н.,

Житомирський агротехнічний фаховий коледж

orcid.org/0000-0003-3704-3998

Ключевич М.М. – д.с.-г.н., професор, завідувач кафедри здоров'я природи
та якості харчових ресурсів,

Державний університет «Житомирська політехніка

orcid.org/0000-0003-2711-2566

Венгер О.В. – к.с.-г.н., провідний науковий співробітник,

завідувач відділу захисту рослин,

Інститут сільського господарства Полісся

Національної академії аграрних наук України

orcid.org/0000-0002-2213-4670

У статті представлено результати досліджень заморозкостійкості столових сортів і гібридних форм винограду в умовах Житомирщини. Дослідження проведені впродовж 2024–2025 років на дослідному полі Житомирського агротехнічного фахового коледжу. Об'єктами дослідження слугували сорти: Аркадія, Кишмиш Століття (Сентеньєл Сід-ліс), Надєжда АЗОС, Пам'яті Дженсєва та гібридні форми Гарольд, Заря Несветая, Хелена, Цимус. Оцінку ушкодженості рослин здійснювали за шестибальною шкалою та двома природними заморозками: пізнім весняним (14.05.2024, $-1,4^{\circ}\text{C}$ на висоті 2 см) у фазі активного росту пагонів і суцвіть і раннім весняним (28.04.2025, $-3,5^{\circ}\text{C}$ на висоті 2 см) у фазі початку росту пагонів.

За результатами досліджень встановлено суттєву диференціацію досліджуваних генотипів за рівнем стійкості до весняних заморозків. Найвищу заморозкостійкість продемонструвала гібридна форма Гарольд із середньою ушкодженістю 22,5 %. Середню стійкість виявили сорти: Пам'яті Дженсєва (25,0 %), Надєжда АЗОС (35,0 %), Аркадія (40,5 %), Кишмиш Століття (49,5 %) та гібридні форми – Заря Несветая (34,0%) і Хелена (45,0 %). Найнижчою стійкістю характеризувалася гібридна форма Цимус – середня ушкодженість становила 73,5%.

Встановлено закономірність: фаза розвитку рослин є визначальнішим чинником пошкодження, ніж інтенсивність заморозку – пізній травневий заморозок за нижчих від'ємних температурах виявився більш руйнівним через критичну вразливість рослин у фазі активного росту. Показано, що заморозкостійкість не корелює однозначно з групою стиглості, а найбільша варіабельність реакції спостерігається серед дуже ранніх сортів і форм. За результатами досліджень розроблено практичні рекомендації щодо формування сортименту для регіонів із ризиком весняних заморозків.

Ключові слова: виноград столовий, заморозкостійкість, весняні заморозки, сорти, гібридні форми, Житомирщина, фенологічна фаза, ушкодженість пагонів.



Alekseevich T.M., Zalevsky R.A., Kliuchevych M.M., Venger O.V. Frost resistance of table grape plants in the Zhytomyr region

The article presents the results of research on frost resistance of table grape varieties and hybrid forms under the conditions of Zhytomyr region. The study was conducted in 2024–2025 at the experimental field of Zhytomyr Agrotechnical Professional College. The research objects included the varieties Arcadia, Centennial Seedless (Kishmish Stolittia), Nadezhda AZOS, Pamyati Dzheneeva, and hybrid forms Harold, Zarya Nesvetaya, Helena, and Tsymus. Plant damage was assessed using a six-point scale based on two natural frost events: a late spring frost (14.05.2024, -1.4°C at 2 cm height) during the phase of active shoot and inflorescence growth, and an early spring frost (28.04.2025, -3.5°C at 2 cm height) during the phase of initial shoot growth.

The study revealed significant differentiation among the investigated genotypes in terms of frost resistance. The highest frost resistance was demonstrated by the hybrid form Harold, with an average damage rate of 22.5%. Moderate resistance was shown by the varieties Pamyati Dzheneeva (25.0 %), Nadezhda AZOS (35.0 %), Arcadia (40.5%), Centennial Seedless (49.5%), and the hybrid forms Zarya Nesvetaya (34.0 %) and Helena (45.0 %). The lowest resistance was recorded for the hybrid form Tsymus, with an average damage rate of 73.5%.

A key finding was established: the plant development phase is a more critical damage factor than frost intensity – the late May frost, despite lower negative temperatures, proved more destructive due to the critical vulnerability of plants during the active growth phase. It was also shown that frost resistance does not correlate directly with the ripening group, and the greatest variability in response is observed among very early varieties and forms. Based on the research results, practical recommendations were developed for cultivar selection in regions with spring frost risk.

Key words: table grape, frost resistance, spring frosts, varieties, hybrid forms, Zhytomyr region, phenological phase, shoot damage.

Постановка проблеми. Виноград є цінною теплолюбною культурою, однак в умовах Житомирщини, яка належить до зони Полісся із ризиками для виноградарства, його вирощування ускладнюється нестабільним температурним режимом у весняний період. Стійкість до заморозків у сортів і гібридних форм винограду різна, тому є доцільним встановити її рівень культури до весняних заморозків в умовах Житомирщини.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Весняні заморозки, особливо пізні, спричиняють значні пошкодження вегетативних і генеративних органів рослин, що призводить до зниження врожайності та стабільності виробництва [1, с. 401; 2. с. 442; 3; 4;]. Проте, зміна кліматичних чинників сприяє поширенню стійкого і адаптованого винограду не тільки в приватному секторі, а й для промислових насаджень. Оцінка стійкості столових сортів і гібридних його форм до весняних заморозків у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах є необхідною для забезпечення прогнозованої продуктивності насаджень, мінімізації ризиків і розробки ефективних агротехнічних заходів.

Постановка завдання. З огляду на значну варіабельність погодних умов у весняний період та підвищений ризик пошкодження виноградних насаджень заморозками в умовах Полісся, актуальним є проведення комплексної оцінки заморозкостійкості сучасних столових сортів і гібридних форм винограду. Основним завданням дослідження є встановлення рівня стійкості досліджуваних генотипів до весняних заморозків різної інтенсивності у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах Житомирщини, визначення впливу фенологічних фаз розвитку рослин на ступінь їх ушкодження, а також виявлення найбільш адаптованих форм для подальшого використання у виробництві та селекційній практиці.

Мета досліджень. Метою дослідження було оцінити заморозкостійкість столових сортів і гібридних форм винограду в умовах Житомирської області, встановити ступінь їх пошкодження під впливом ранніх і пізніх весняних заморозків, з'ясувати роль фенологічної фази у формуванні стійкості рослин, а також виділити

найбільш адаптивні генотипи для вирощування в регіонах із підвищеним ризиком дії низьких температур у весняний період.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проводили впродовж 2024–2025 рр. на ділянці винограду дослідного поля Житомирського агротехнічного фахового коледжу. Вивчали стійкість столових сорів: Аркадія, Сентеньєл Сідліс (Кишмиш Століття), Надежда АЗОС, Пам'яті Дженеєва та гібридні форми: Гарольд, Заря Несветая, Хелена, Цимус. Насадження закладені навесні 2023 року. Схема садіння 2,5х2 м, формування – безштамбове, з 4 рукавами на двоплощинній шпалері, ведення приросту – вертикальне. Однорічні лози зимували вкритими шаром ґрунту. Рослини кореневласні.

Для характеристики заморозків використовували дані Житомирської метеорологічної станції, розташованої на території Житомирського агротехнічного фахового коледжу та дані Укргідрометеоцентру [3; 4].

Для оцінки заморозкостійкості винограду визначали ступінь і відсоток пошкоджених пагонів за шкалою:

0 балів (пошкодження відсутні);

1 бал (дуже слабке): пошкоджені кінчики листочків (коронка) на бруньках, що розпускаються;

2 бали (слабке): пошкоджено менш, ніж 25% пагонів;

3 бали (середнє): пошкоджено від 25% до 50% пагонів;

4 бали (сильне): пошкоджено від 50% до 75% пагонів;

5 балів (дуже сильне): пошкоджено більше 75% пагонів;

6 балів (пагони загинули).

Виклад основного матеріалу. Заморозки відносять до стихійних метеорологічних явищ. За критеріями виділяють: заморозки I рівня небезпечності (зниження температури на поверхні ґрунту до 0–5°C морозу); сильні заморозки II рівня небезпечності (зниження температури повітря до 0–5°C морозу); надзвичайні заморозки III рівня небезпечності (зниження температури повітря нижче 5°C морозу) [5].

Для винограду навесні, перед розпусканням бруньок, критичними (температури, нижче яких рослини пошкоджуються або гинуть) для бруньок є температури мінус 3–5 °C. Бруньки, що розпустилися, гинуть при температурі мінус 0,5–1 °C [6, с. 88].

Ступінь пошкодження рослин заморозками залежить від періоду настання, інтенсивності та тривалості заморозку, а також від сорту, стану рослини, фази її розвитку, умов агротехніки. У початковий період росту рослини стійкіші до заморозків, тоді як найбільш небезпечні, пізні весняні заморозки [2, с. 441].

Пізні весняні заморозки на поверхні ґрунту, висоті 2 см та в повітрі відмічалися на більшій частині території України у другій декаді травня 2024 року [3]. За даними Житомирської метеостанції 14 травня температура повітря на висоті 2 см від поверхні ґрунту знизилася до -1,4 °C, а на висоті 2 м відмічали 0,5 °C.

Дослідження стану приросту дворічних кущів столового винограду за умов зниження температури повітря до -1,4 °C (на висоті 2 см) у фазі активного росту пагонів і суцвіть (14.05.2024 р.) показало суттєву диференціацію рослин за рівнем стійкості до весняних заморозків (табл. 1, рис. 1).

Таблиця 1

Стан приросту дворічних кущів столового винограду при зниження температури повітря на висоті 2 см до -1,4°C. (14.05.2024)

№ з/п	Сорти, гібридні форми	Фенологічна фаза	Ступінь пошкодження, балів	Пошкоджено пагонів, %
Дуже ранні				
1	Гарольд	Активний ріст пагонів і суцвіть	0	0
2	Заря Несветая	Активний ріст пагонів і суцвіть	3	33
3	Пам'яті Дженеєва	Активний ріст пагонів і суцвіть	2	20
4	Цимус	Активний ріст пагонів і суцвіть	5	90
Ранні				
5	Аркадія	Активний ріст пагонів і суцвіть	4	63
6	Кишмиш Століття	Активний ріст пагонів і суцвіть	4	74
7	Хелена	Активний ріст пагонів і суцвіть	4	55
Ранньосередні				
8	Надежда АЗОС	Активний ріст пагонів і суцвіть	4	70

Встановлено, що всі досліджувані сорти та гібридні форми перебували в однаковій фенологічній фазі, яка є однією з найбільш критичних щодо впливу низьких температур, оскільки в цей період інтенсивно формуються як вегетативні, так і генеративні органи.

Аналіз за групами стиглості показав, що у групі дуже ранніх сортів і гібридних форм спостерігається найбільша варіабельність показників пошкодження. Зокрема, гібридна форма Гарольд характеризувалася повною відсутністю ушкоджень (0 балів, 0 % пошкоджених пагонів), що свідчить про її високу адаптивну здатність до весняних заморозків. На противагу цьому, гібридна форма Цимус зазнала максимального ступеня ураження (5 балів, 90 %), що вказує на її критичну чутливість до зниження температури.

Проміжне положення займають: сорт Пам'яті Дженеєва (2 бали, 20 %) та гібридна форма Заря Несветая (3 бали, 33 %), які показали середній рівень стійкості. Така варіабельність у межах однієї групи стиглості свідчить про визначальну роль генетичних особливостей рослин у формуванні заморозкостійкості.

У групі винограду раннього строку досягання (сорти: Аркадія, Кишмиш Століття, гібридна форма Хелена) зафіксовано стабільно високий рівень пошкодження – 4 бали при 55–74 % уражених пагонів. Це свідчить про їх загалом низьку стійкість до весняних заморозків у досліджуваних умовах та відносну однорідність реакції в межах групи. У ранньо-середнього сорту Надежда АЗОС також встановлено значний рівень пошкодження (4 бали, 70 %), що узгоджується із загальною тенденцією чутливості сортів до заморозків у фазі активного росту.

Водночас звертає на себе увагу широкий діапазон пошкоджень у дуже ранніх сортів і гібридних форм (0–90 %), що значно перевищує варіацію у двох інших групах (55–74 % і 70 % відповідно). Це свідчить про більший потенціал для селекційного добору стійких форм саме серед дуже ранньої групи.

Порівняльний аналіз співвідношення між бальною оцінкою пошкодження та відсотком уражених пагонів показує їх чітку узгодженість: зі збільшенням ступеня пошкодження закономірно зростає частка ушкоджених пагонів. Найнижчі значення (0–20 %) відповідають 0–2 балам, тоді як максимальні (70–90 %) – 4–5 балам.

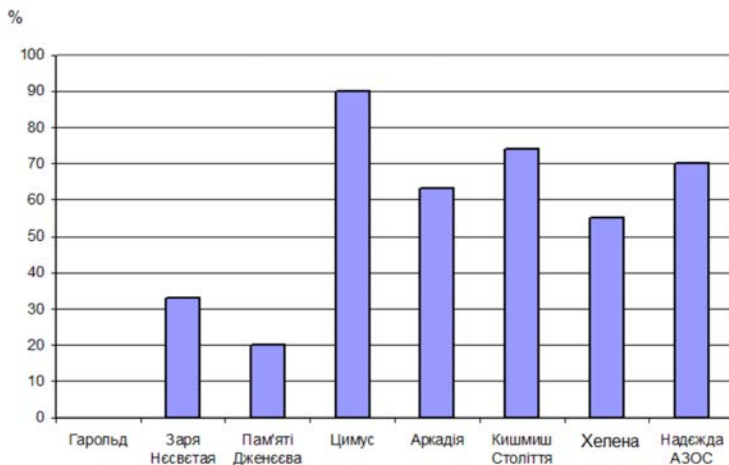


Рис. 1. Ступінь пошкодження пагонів дворічних кущів столового винограду за зниження температури повітря на висоті 2 см до $-1,4^{\circ}\text{C}$. (14.05.2024)

Встановлено значну диференціацію рослин столового винограду за стійкістю до весняних заморозків за температури $-1,4^{\circ}\text{C}$. Підсумовуючи дані стану приросту дворічних кущів столового винограду за зниження температури повітря на висоті 2 см до $-1,4^{\circ}\text{C}$. (14.05.2024р.) досліджено, що:

- найвищу заморозкостійкість показала гібридна форма Гарольд, яка не зазнала пошкоджень, що дозволяє рекомендувати її для вирощування в умовах підвищеного ризику пізніх весняних заморозків;

- сорти: Кишмиш Століття, Аркадія та Надєжда АЗОС, гібридна форма Цимус характеризуються високою чутливістю, що обмежує їх стабільну продуктивність у таких умовах;

- зниження температури у фазі активного росту пагонів і суцвіть може спричиняти істотні пошкодження (до 90 %), що підкреслює критичну роль погодних факторів у формуванні врожаю винограду.

Ранні весняні заморозки відмічались в більшості областей України у третій декаді квітня 2025 року. За аналізом багаторічних даних інтенсивність та тривалість заморозків виявилися одними з найсильніших за останні роки [4]. У період вегетації такі заморозки відносяться до стихійного метеорологічного явища II рівня небезпечності. За даними Житомирської метеостанції 28 квітня температура повітря на висоті 2 см від поверхні ґрунту знизилася до $-3,5^{\circ}\text{C}$, а на висоті 2 м до $-0,8^{\circ}\text{C}$.

Як свідчать дані (табл. 2 рис. 2) на початку росту пагонів найбільше від заморозку постраждала гібридна форма Цимус, на якій зафіксоване сильне пошкодження (57 %) молодих пагонів.

У сортів: Кишмиш Століття, Пам'яті Дженеєва, гібридних форм Заря Несветая, Хелена, Гарольд – середній ступінь ушкодження молодих пагонів, відповідно від 25% до 45%. У сорту Аркадія відмічено слабке ушкодження 18% пагонів, у ранньосереднього сорту Надєжда АЗОС – дуже слабке ушкодження коронки (1 бал), оскільки бруньки ще не розпустилися.

Таблиця 2

Стан приросту трирічних кущів столового винограду за зниження температури повітря на висоті 2 см до $-3,5^{\circ}\text{C}$, на висоті 2 м до $-0,8^{\circ}\text{C}$ (28.04.2025)

№ з/п	Сорти, гібридні форми	Фенологічна фаза	Ступінь пошкодження, балів	Пошкоджено пагонів, %
Дуже ранні				
1	Гарольд	Початок росту пагонів і суцвіть	3	45
2	Зоря Несветая	Початок росту пагонів і суцвіть	3	35
3	Пам'яті Дженеєва	Початок росту пагонів і суцвіть	3	30
4	Цимус	Початок росту пагонів і суцвіть	4	57
Ранні				
5	Аркадія	Початок росту пагонів і суцвіть	2	18
6	Кишмиш Століття	Початок росту пагонів і суцвіть	3	25
7	Хелена	Початок росту пагонів і суцвіть	3	35
Ранньосередні				
8	Надежда АЗОС	Розпускання бруньок (коронка)	1	0

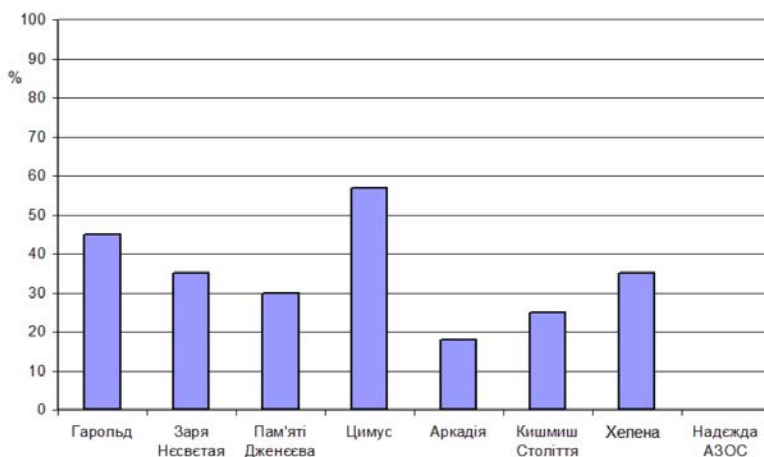


Рис. 2. Ступінь пошкодження пагонів трирічних кущів столового винограду при зниженні температури повітря на висоті 2 см до $-3,5^{\circ}\text{C}$, на висоті 2 м до $-0,8^{\circ}\text{C}$ (28.04.2025)

Порівнюючи характеристики заморозків 14.05.2024р. і 28.04.2025р. (табл. 3) та одержані нами дані (табл. 1, 2) робимо висновок, що незважаючи на нижчу температуру у 2025 році, пізній травневий заморозок 2024 року виявився найнебезпечнішим, і більш руйнівним, оскільки застав рослини у критично вразливій фазі активного росту і оцінюється за рівнем небезпечності на рівні II.

Таблиця 3

Порівняльна характеристика заморозків 14.05.2024 р. та 28.04.2025 р.

Показник	Заморозок 1 (14.05.2024)	Заморозок 2 (28.04.2025)
t° на висоті 2 см	-1,4 °C	-3,5 °C
t° на висоті 2 м	+0,5 °C	-0,8 °C
Фаза розвитку	Активний ріст пагонів і суцвіть	Початок росту пагонів
Рівень небезпечності	II	II

Для встановлення найбільш придатних сортів і гібридних форм для місцевих кліматичних умов, нами було проведено аналіз середньої ушкодженості рослин столового винограду за обома заморозками та встановлено їх диференціацію за заморозкостійкістю (табл. 4).

Таблиця 4

Середня ушкодженість сортів і гібридних форм винограду та їх диференціація за морозостійкістю за два роки, %

Диференціація за морозостійкістю	Сорти, гібридні форми	Пошкодженість пагонів, %		
		заморозок 2024 р.	заморозок 2025 р.	середнє
1	Гарольд	45	0	22,50
2	Пам'яті Дженєєва	30	20	25,00
3	Заря Несветая	35	33	34,00
4	Надежда АЗОС	0	70	35,00
5	Аркадія	18	63	40,50
6	Хелена	35	55	45,00
7	Кишмиш Століття	25	74	49,50
8	Цимус	57	90	73,50

Висновки. За результатами досліджень встановлено диференціацію сортів та гібридних форм столового винограду за заморозкостійкістю:

Високу стійкість виявили: гібридна форма Гарольд – слабе пошкодження (2 бали, 22,5 %).

Середню стійкість виявили: сорт Пам'яті Дженєєва – середнє пошкодження (3 бали, 25,0 %); гібридна форма Заря Несветая – середнє пошкодження (3 бали, 34,0 %); сорт Надежда АЗОС – середнє пошкодження (3 бали, 35,0 %); сорт Аркадія – середнє пошкодження (3 бали, 40,5 %); гібридна форма Хелена – середнє пошкодження (3 бали, 45,0 %); сорт Кишмиш Століття – середнє пошкодження (3 бали, 49,5 %).

Низьку стійкість виявили: гібридна форма Цимус – сильне пошкодження (4 бали, 73,5 %).

Було встановлено наступні закономірності:

– фаза розвитку важливіша за інтенсивність заморозку – пізні весняні заморозки при менших від'ємних температурах завдають більшої шкоди, ніж ранні, через критичну вразливість рослин у фазі активного росту;

– заморозкостійкість не корелює однозначно з групою стиглості – найбільша варіабельність спостерігається серед дуже ранніх сортів (від 0 % до 90 % пошкодження), що свідчить про визначальну роль генетичних особливостей;

– рослини здатні до відновлення – попри суттєві пошкодження, надземна частина кущів відновлювалася до кінця вегетації з заміщуючих, кутових і сплячих бруньок.

Під час формування сортименту для Житомирщини та аналогічних регіонів перевагу слід надавати столовим сортам і гібридам з високою заморозостійкістю (гібридна форма Гарольд), враховувати агротехнічні заходи захисту для чутливих сортів у критичні фенологічні фази.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Вплив зміни клімату на ризики пошкодження винограду заморозками / В. В. Власов, Г. В. Лященко, Ю. Ю. Булаєва [та ін]. Збірник тез II Міжнародної науково-практичної конференції «Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти», 10–12 квітня 2019 р. м Київ; Миколаїв; Херсон : Агроосвіта, 2019. С. 401.
2. Польовий А. М. Сільськогосподарська метеорологія : підручник. Одеса : ТЭС, 2012. С. 441–442.
3. Україна: агрометеорологічні умови другої декади травня 2024 року – Укргідрометеоцентри: <https://uga.ua/meanings/ukrayina-agrometeorologichni-umovu-drugoyi-dekady-travnnya-2024-roku-ukrgidrometeotsentr/>
4. Україна: агрометеорологічні умови третьої декади квітня 2025 року URL: Укргідрометеоцентр <https://www.apk-inform.com/uk/crop/1547895>
5. Критерії метеорологічних явищ I, II, III рівнів небезпечності. URL: <https://www.meteo.gov.Ua/f/attns-krit.pdf>
6. Виноградарство : підручник М. О. Дудник, М. М. Коваль, І. М. Козар [та ін.]; за ред. Е. І. Хреновського. Київ : Арістей, 2008. С. 88.

Дата першого надходження статті до видання: 06.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 635.9: 504.3

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.1.4>

ФІТОСАНІТАРНИЙ МОНІТОРИНГ РЕГУЛЬОВАНИХ ШКІДЛИВИХ ОРГАНІЗМІВ ТЕРИТОРІЇ ПІВДНЯ УКРАЇНИ

Алмашова В.С. – к.с.-г.н., доцент кафедри екології
та сталого розвитку імені Ю.В. Пилипенка,
ДВНЗ «Херсонський ДАУ»
orcid.org/0000-0001-6180-1096

Голуб В.О. – к.с.-г.н., доцент кафедри ботаніки
і методики викладання природничих наук,
Волинський національний університет імені Лесі Українки
orcid.org/0000-0002-6210-007X

У статті приведено результати досліджень Державної установи «Херсонська фітосанітарна випробувальна лабораторія Держпродспоживслужби» стосовно екологічного фітосанітарного моніторингу рослинної продукції. Головною метою досліджень було вивчення карантинних шкідників та шкідливих мікроорганізмів на півдні України з метою вирішення проблем, що призводить до погіршення якості врожаю сільськогосподарської продукції. Дослідження фітосанітарного стану на півдні України (Миколаївська, Херсонська, Одеська області) у 2024-2025 роках зосереджено на моніторингу шкідників, хвороб та бур'янів в умовах зміни клімату та обмеженого доступу до деяких територій. Екологічний моніторинг фітосанітарного стану 2024-2025 років Південного регіону виявив перелік основних шкідників на цій території, чисельність яких треба контролювати, щоб уникнути перевищення показника екологічно-економічного порогу шкодочинності від даних РШО (регульованих шкідливих організмів). При проведенні польових досліджень також зафіксовано як у ґрунті, так і на рослинах сільськогосподарської продукції ряд чисельності фітофагів, що перевищують поріг шкодочинності, які можуть бути причиною погіршення якості врожаю.

При проведенні досліджень було встановлено, що більшість видів фітопатогенів передаються через насіння, тому співробітниками лабораторій фітосанітарних служб проводиться дуже ретельна перевірка на наявність збудників хвороб посівного матеріалу як вітчизняного, так і закордонного походження. Проблемою на півдні України є проблема боротьби з картопляною нематодом, рослиною-живителем якої є картопля. Залишається високою загроза поширення регульованих шкідливих організмів (РШО), включаючи амброзію полинолисту та різні види нематод, особливо на деокупованих територіях Херсонщини. Помічена велика кількість випадків ураження томатів та гібриди родини пасльонових (*Solanaceae*). За результатами проведених досліджень були зроблені висновки, що в результаті своєчасного одержання інформації по визначенню шкідливих організмів можна прийняти оптимальні рішення по боротьбі із ними, а також слід використовувати сучасні інтегровані засоби захисту рослин.

Ключові слова: карантинна інспекція, ентомологічні шкідники, комахи, екологічний поріг шкодочинності, регульовані шкідливі організми.

Almashova V.S., Golub V.O. Phytosanitary monitoring of regulated harmful organisms in southern Ukraine

The article presents the results of research by the State Institution "Kherson Phytosanitary Testing Laboratory of the State Production and Consumer Service" regarding ecological phytosanitary monitoring of plant products. The main goal of the research was the study of quarantine pests and harmful microorganisms in the south of Ukraine with the aim of solving problems that lead to the deterioration of the quality of the harvest of agricultural products. The



© Алмашова В.С., Голуб В.О., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

study of the phytosanitary condition in the south of Ukraine (Mykolaiv, Kherson, Odesa regions) in 2024-2025 is focused on monitoring pests, diseases and weeds in conditions of climate change and limited access to some areas. Ecological monitoring of the phytosanitary state of the Southern region in 2024-2025 revealed a list of the main pests in this territory, the number of which must be controlled in order to avoid exceeding the indicator of the ecological and economic threshold of harmfulness from the data of RHO (regulated harmful organisms). When conducting field research, a number of phytophages exceeding the threshold of harmfulness, which can be the cause of deterioration of the quality of the crop, was also recorded both in the soil and on the plants of agricultural products.

During the research, it was established that most types of phytopathogens are transmitted through seeds, therefore the employees of the laboratories of the phytosanitary services conduct a very thorough check for the presence of pathogens in seed material of both domestic and foreign origin. The problem in the south of Ukraine is the problem of fighting the potato nematode, whose host plant is the potato. There remains a high threat of the spread of regulated harmful organisms (RHO), including ragweed and various types of nematodes, especially in the de-occupied territories of Kherson region. A large number of cases of damage to tomatoes and hybrids of the solanaceae family (Solanaceae) were observed. According to the results of the conducted research, the conclusions were made that as a result of receiving timely information on the identification of harmful organisms, optimal decisions can be made to combat them, and modern integrated means of plant protection should also be used.

Key words: *quarantine inspection, entomological pests, insects, ecological threshold of harmfulness, RSHO.*

Постановка проблеми. В Україні протягом останніх кількох років фіксується збільшення кількості та площі осередків карантинних організмів, обмежено розширених на її території. Результати екологічної фітосанітарної експертизи демонструють, що її ефективність у розв'язанні екологічних проблем, зокрема забезпечення екологічної безпеки, значною мірою забезпечується рівнем чинного законодавства та ефективних економічних і соціально-правових гарантій, передбачених ним [2, 5]. Для підвищення результативності такої експертизи необхідно перейти від відомого підходу до регулювання відповідних відносин до суспільно-державного, який би інтегрував збалансовані соціально-правові інструменти та забезпечив участь населення в оцінюваних експлуатованих об'єктах.

Сучасне рослинництво створюється за умов посиленого впливу шкідників, хвороб і бур'янів, що зумовлює необхідні комплексні стратегії захисту рослинних культур. У практиці проводиться застосування низки технологічних класів: хімічні, біологічні, агротехнічні, селекційні (генетичні), цифрові та інтегровані системи. Кожна з цих груп характеризується специфічними механізмами впливу, сильними сторонами та обмеженнями, які впливають на загальну ефективність, екологічні ефекти та економічну виправданість. Оволодіння принципами функціонування цих технологій, їх взаємодії та значення в рамках інтегрованого захисту рослин (ІЗР) є основою для створення стійких, конкурентних і екологічно безпечних агросистем [1, 4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Посилення зовнішньоекономічних відносин через довгострокові програми в аграрному виробництві, переробці та ефективному використанні сировини, а також розширення торговельних контактів призведе до ризику імпорту зарубіжних карантинних об'єктів на територію України. Поширення шкідливих організмів у протягом тисячоліть супроводжувало міграцію людського населення. Значний прорив у цьому на період відкриття Америки, воєнного морського шляху до Індії та інтенсивної колонізаційної активності європейських держав у XVI–XVIII ст., коли відбувалося масове транспортування сільгосппродукції, посадкового й насіннєвого матеріалу з Європи до колоній і натомість, такі перевезення сприяли глобальному розповсюдженню численних шкідливих організмів [3, 9].

Еволюція технічної бази та інтенсифікація роботи транспортних систем детермінували суттєве зростання екологічних ризиків, пов'язаних із транскордонним та внутрішнім поширенням адвентивних шкідливих організмів. Науково-практичний аналіз свідчить, що інтродуковані фітофаги та патогени

в нових біоценозах часто опиняються у сприятливих екологічних нішах, де їхня популяційна динаміка не лімітується природними ентомофагами чи іншими регуляторними механізмами, притаманними первинним ареалам. Як наслідок, рівень економічних збитків та екологічної деградації в зонах нової колонізації значно перевищує аналогічні показники в місцях їхнього природного походження. У зв'язку з цим посилюється значення карантинних заходів, орієнтованих як на запобігання імпорту й розповсюдженню відсутніх в Україні об'єктів, так і на ізоляцію та ліквідацію локальних вогнищ карантинних організмів у межах країни [7].

Джерелом інформаційної бази дослідження є аналітичні зведення попередніх років щодо виявлення регульованих шкідливих організмів у південних регіонах України, звіти польових обстежень від фахівців Херсонської обласної фітосанітарної лабораторії щодо стану позицій аграрних культур, а також результати лабораторних аналізів цієї установи з ідентифікації регламентованих, шкідливих організмів в імпортованій та експортованій сільськогосподарській продукції.

Постановка завдання. Цільова спрямованість даної публікації полягає у висвітленні результатів науково-практичної діяльності Державної установи «Херсонська фітосанітарна випробувальна лабораторія Держпродспожив-служби» щодо реалізації системного моніторингу аграрної продукції. Основний акцент зроблено на ідентифікації регульованих шкідливих організмів як превентивного заходу, спрямованого на недопущення їх подальшої проліферації та експансії в межах агрокліматичних зон Херсонського регіону.

Методика досліджень. Для обліку ентомологічних об'єктів застосовували методи облікових ділянок, рослинних проб, пасток та лабораторний. Метод облікових ділянок використовували для визначення щільності шкідників, що живуть відкрито (шкідлива черепашка, п'явиці, хлібні жуки, жуки хлібної жужелиці, цикадки, попелиці). Облік проводили з допомогою рамки відповідного розміру, яку накладають на рослини, після чого оглядають і підраховують шкідників [10]. Розмір відбору проб визначали на 1 м². Проби на дослідній ділянці розміщували рівномірно в шаховому порядку. Метод рослинних проб застосовували для виявлення прихованих шкідників. Рослини обстежували не безпосередньо на полі, а аналізують після їх відбирання в лабораторію. Таким чином визначають чисельність личинок гессенської, шведської, пшеничної та інших видів мух, личинок хлібних пильщиків, трипсів тощо. Для виявлення видового складу, строків розвитку, відносної щільності видів імаго, які пересуваються по поверхні ґрунту (довгоносиків, коваликів, чорнишів, жужелиць тощо) застосовували пастки Барбера ловчі канавки довжиною до 5 м. Крилатих попелиць та імаго злакових мух виявляли з допомогою пасток, що представляють посудини жовтого та зеленого кольору наповнених водою або фіксуючою рідиною [6].

Виклад основного матеріалу досліджень. Актуальною науково-практичною проблемою аграрного сектору України залишається дефіцит оперативної та високоточної діагностики ентомофагів, фітопатогенів і бур'янів як безпосередньо в період вегетації сільськогосподарських культур, так і на етапах депонування отриманої продукції. Фундаментальним базисом для реалізації стратегій інтегрованого захисту рослин виступає системний фітосанітарний моніторинг.

Своєю чергою, фітосанітарна експертиза інтерпретується як комплексне лабораторне дослідження об'єктів регулювання з метою верифікації наявності або відсутності в них карантинних та обмежено поширених шкідливих організмів. Зазначений спектр завдань покладено на Державну установу «Херсонська фітосанітарна випробувальна лабораторія Держпродспоживслужби». Ця інституція функціонує на підставі Положення про Державну службу України з питань безпечності харчових продуктів та захисту споживачів, маючи статус спеціалізованої державної установи, що інтегрована до структури управління вищезгаданої Служби та безпосередньо їй підпорядкована [8].

В аграрному секторі України стратегічний пріоритет надається інтенсифікації сільськогосподарської галузі, що реалізується через поглиблення галузевої

спеціалізації, концентрацію виробничих потужностей та впровадження високотехнологічних індустріальних методів господарювання. За таких умов суттєво зростає функціональна роль систем захисту рослин як гаранта стабільності агроєкосистем.

Пріоритетним завданням є організація перманентного моніторингу та верифікованого обліку динаміки популяцій фітофагів. Такий підхід гарантує, що імплементація захисних заходів здійснюватиметься виключно за умови, коли показники щільності заселення або інтенсивності розвитку деструктивного агента нівелюють встановлений економічний поріг шкодочинності (ЕПШ). Наприклад, за даними установи «Херсонська фітосанітарна випробувальна лабораторія Держпродспоживслужби» було виявлено, що на півдні України станом на 2024 рік було виявлено перевищення економічного порогу шкодочинності майбутньому врожаю капусти білокачанної від капустяної молі (25 метеликів на феромонну пастку, що перевищує даний показник з таблиці 1).

Таблиця 1

Економічні пороги шкідливості основних шкідників капусти

Вид шкідника	Фаза розвитку капусти	Економічний поріг шкідливості (ЕПШ)
Хрестоцвітні блішки: світлонога (<i>Phyllotreta nemorum</i> L.)	розсада листкове кільце	3-5 жуків/рослину на 10% рослин 10 жуків/рослину на 25%
Капустяна попелиця (<i>Brevicoryne brassicae</i> L.)	листкове кільце	5-10% заселених рослин з дрібними колоніями попелиць
Весняна капустяна муха (<i>Della brassicae</i> Bouche.)	розсада листкове кільце	7-10 яєць/рослину на 10% рослин 5-10 яєць або 5-6 личинок/рослину на 10% рослин
Капустяна совка (<i>Mamestra brassicae</i> L.)	листкове кільце - початок формування качана	5-7 метеликів на феромонну пастку за тиждень
Капустяна міль (<i>Plutella maculipennis</i> Curt.)	кільця формування качана	18-20 метеликів на феромонну пастку за тиждень 3-5 гусениць/розетку на 10% рослин 5-10 гусениць/рослину на 20% рослин
Капустяний білан (<i>Pieris brassicae</i> Curt.)	до початку фази кільця	5-10 гусениць/рослину на 10% заселених рослин
Ріпний білан (<i>Pieris rapae</i> L.)	кільця формування качана	1-3 гусениці/рослину на 15- 20% заселених рослин 1-3 гусениці/рослину на 10% заселених рослин
Ріпаковий пильщик (<i>Athalia rosae</i> L.)	формування качана	2-5 несправжніх гусениць/рослину на 10% заселених рослин

Широкий видовий спектр культивованих рослин і дикорослої флори, а також активні процеси інтродукції нових сільськогосподарських культур формують сприятливі умови для розвитку та поширення чисельних популяцій фітофагів. Зазначений ентомологічний комплекс чинить деструктивний вплив на стан польових посівів, багаторічних плодкових насаджень, а також лісових масивів та полезахисних лісосмуг, що потребує постійного наукового супроводу та моніторингу [6]. Видовий склад шкідників плодкових культур наймовірно різноманітний. Різні шкідники можуть пошкоджувати всі органи дерев на всіх стадіях розвитку рослин: кореневу систему, скелетні частини (штамби і сучки), пагони, бутони, листки, бруньки, плоди. Шкідники плодкових культур умовно поділені на 4 групи: сисні шкідники; листогризучі шкідники; шкідники генеративних органів; шкідники кори, деревини й коріння. Через невчасний фітосанітарний моніторинг плодкових дерев можна в майбутньому втратити більше половини врожаю плодів. За даними установи «Херсонська фітосанітарна випробувальна лабораторія Держпродспоживслужби» було виявлено, що на півдні України станом на 2024 рік було виявлено на яблунях метеликів листомінуючої молі (близько 7 особин на пастку за тиждень).

Таблиця 2

Економічні пороги шкідливості основних шкідників плодкових культур

Вид шкідника	Фаза розвитку рослин	Економічний поріг шкідливості (ЕПШ)
1	2	3
Листо- і плодопошкоджуючі шкідники		
Казарка (<i>Rhynchites bacchus</i> L.)	Від розпускання бруньок до цвітіння	8 жуків на дерево
Червонокрилий глодовий трубкотруб (<i>Coenorrhinus aequatus</i> L.)	Від розпускання бруньок до цвітіння	10 жуків на дерево
Букарка (<i>Coenorrhinus pauxillus</i> Germ.)	Від розпускання бруньок до цвітіння	40 жуків на дерево
Сірий бруньковий довгоносик (<i>Sciaphobus squalibus</i> Gyll.)	Від розпускання бруньок до цвітіння	3-5 жуків на 1 м гілок
Яблуневий квіткоїд (<i>Anthonomus pomorum</i> L.)	Зелений конус	40 жуків на дерево, 10-15 пошкоджених бруньок на 100
Листомінуючі молі: Яблунева нижньобокова мінуюча міль	Перед цвітінням	5 метеликів на пастку за 5-7 днів

Економічні пороги шкідливості фітофторозу (*Phytophthora infestans*) на пасльонових культурах (картопля, томати) на півдні України є динамічними та залежать від погодних умов, зокрема вологості повітря та наявності рос. Через посушливий клімат регіону фітофтороз часто проявляється пізніше, ніж у західних чи центральних областях, але при зрошенні або сприятливих погодних умовах (низька температура, висока вологість) швидко поширюється. За даними «Херсонської фітосанітарної випробувальної лабораторії Держпродспожив-служби» частка уражень даною хворобою в Херсонській області (порівняно з іншими областями України) наведено в таблиці 3.

Таблиця 3

**Прояв фітофторозу в регіонах України, 2024 рік
(за даними Держпродспоживслужби України)**

Області	Частка уражених хворобою, %		Розвиток фітофторозу, %	
	насаджень картоплі	рослин	фаза бутонізації	фаза цвітіння-дозрівання
1	2	3	4	5
АР Крим	Дані відсутні			
Вінницька	50,0-100	0,6-7,0 (65)		0,1-0,3 (0,5)
Волинська	20-63,6	2,0-80,0		0,5-12,0
Донецька				
Дніпропетровська	100	1,0-4,0		0,5-2,0
Житомирська	20,0-40,0	11,0-19,0		0,2-0,6
Закарпатська	10,5-87,3	2,0-10,0 (40,0)	1,0-2,0	2,0-8,0
Запорізька	100	5,0	1,0	
Івано-Франківська	46,2	35,0		1,0
Кіровоградська	1,8-18,7	4,0-18,0	1,0	2,0-8,0
Київська				
Луганська	Дані відсутні			
Львівська	2,3-62,2	1,0-6,1		0,3-1,5
Миколаївська	10,0	2,0-10,0	1,0	3,0-6,0
Одеська	5,0-10,0	3,0-5,0		0,5-0,7
Полтавська	100	10		0,5
Рівненська	11,8-42,7	2,0-24,0	0,5	1,3-4,5
Сумська	100	6,0-7,0		3,0-6,0
Тернопільська	20,0-100	0,3-15,9	0,2-0,3	0,6-3,8
Харківська	20,0	10,0		10,0
Херсонська	14,3	2,0	0,5	0,5
Хмельницька	50,0-100	1,0-18,0	0,1	0,2
Черкаська	3,6-13,3	3,6-1,7		1,0-0,4
Чернівецька	20,2	3,0		1,0
Чернігівська	5,0-14,7	2,0-9,0		2,0-7,0

Для верифікації фітосанітарного благополуччя агроєкосистем Херсонського регіону державні інспектори реалізують щорічний системний моніторинг. Даний комплекс заходів охоплює ревізійні обстеження земельних угідь сільськогосподарського та лісгосподарського призначення, інспектування логістичних вузлів депонування та переробки рослинної сировини, а також нагляд за зонами карантинного контролю та прилеглими до них територіями. Експедитивне виявлення регульованих патогенів та ентомофагів є ключовим чинником стримування їхньої транскордонної експансії.

Упродовж дослідницького періоду (2024–2025 рр.) експертами було реалізовано комплекс фітосанітарних експертиз партій продукції вітчизняного походження, призначених для експортних операцій до Туреччини, Ізраїлю та Таїланду. За результатами лабораторних аналізів у тарі вантажів ідентифіковано найбільші за чисельністю популяцій регульовані шкідливі організми, що належать до категорії карантинних бур'янів:

– амброзія полинолиста (*Ambrosia artemisiifolia* L.) – систематично фіксувалася в насіннєвому матеріалі та товарних партіях сої;

- сорго алепське (гумай) (*Sorghum halepense* L.) – виявлено як домішку у зразках соєвих бобів;
- гірчак повзучий (рожевий) (*Acroptilon repens* L.) – верифіковано в межах гербологічної експертизи партій жита;
- дурман звичайний (*Datura stramonium* L.) та амброзія полинолиста (*Ambrosia artemisiifolia* L.) – представники сегетальної рослинності з високою конкурентною спроможністю;
- борщівник Сосновського (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) – небезпечний інвазійний вид, що становить загрозу біорізноманіттю та здоров'ю людини;
- бактеріальний опік рису (*Xanthomonas oryzae*) – фітопатоген, що детермінує значні втрати врожайності зернових культур;
- картопляна нематода (*Globodera rostochiensis*) та пшенична нематода (*Anguina tritici*) – вузькоспеціалізовані паразитичні організми, що спричиняють деградацію підземних органів рослин та зниження якості насіннєвого матеріалу.

Висновки і пропозиції. За результатами оформлено відповідні акти, що документально підтверджують випадки виявлення карантинних об'єктів. На підставі цих даних видано офіційні розпорядження щодо впровадження ліквідаційних фітосанітарних заходів, а також регламентовано суворий порядок логістичного переміщення об'єктів регулювання як у межах встановлених карантинних зон, так і за їхні кордони. За 2024 рік працівниками «Херсонської фітосанітарної випробувальної лабораторії Держпродспоживслужби» було виявлено шкідливі організми, які економічний поріг чисельності яких перевищував норму (шкідливі організми плодових культур, томатів, капусти). При обстеженні тари вантажів з продукцією сільськогосподарських культур було ідентифіковано перевищення за чисельністю популяцій амброзії полиноистої, гірчака повзучого, борщівника Сосновського, картопляної нематоди. В ході досліджень при постійному моніторингу за контролем популяційної динаміки шкідливих об'єктів, було встановлено, що такий процес обумовлений високими ризиками інтродукції адвентивних організмів (фітофагів, сегетальної рослинності та патогенів), який потрапляє на територію півдня України разом із транскордонними вантажопотоками.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Mahar, A., Wang, P., Ali, A., Awasthi, M. K., Lahori, A. H., Wang, Q., Li, R., & Zhang, Z. (2016). Challenges and opportunities in the phytoremediation of heavy metals contaminated soils: A review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 126, 111–121. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2015.12.023>
2. Melnychenko, V. (2024). Phytoremediation of soils contaminated as a result of military and anthropogenic impact. *Scientific Reports of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*, 20(4), 72–84. <https://doi.org/10.31548/dopovidi/3.2024.72>
3. Tamma, A. A., Lejcuś, K., Fiałkiewicz, W., & Marczak, D. (2025). Advancing phytoremediation: A review of soil amendments for heavy metal contamination management. *Sustainability*, 17(13), 56–88. <https://doi.org/10.3390/su17135688>
4. Білик М.О. Біологічний захист рослин: посібник для лабораторних практичних занять М.О. Білик. Х., 2019. 424 с.31.
5. Борзих О. І., Сергієнко В. Г., Джам М. А., Шита О. В., Михайленко С. В.
6. Васильєва В.П. Захист зернових культур від шкідників, хвороб і бур'янів при інтенсивних технологіях. За ред. В. П. Васильєва, М. П. Лісового. К.: Урожай, 2020. 262 с.

7. Вожегова Р. А., Сорокунський С. С. Насіннєва продуктивність та параметри адаптивності сортів гороху посівного залежно від інокулянтів та систем захисту рослин. Аграрні інновації. 2021. № 6. С. 82-86.

8. Дудченко В. В., Стригун О. О., Паламарчук Д. П., Паламарчук А. В. Фітосанітарний моніторинг шкідливої ентомофауни посівів сої в умовах рисових зрошувальних систем. Аграрні інновації. 2021. № 5. С. 30–36. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.5.5>

9. Мринський І. М. Шкідники овочевих культур: навчальний посібник., В. В. Урсал, С. В. Коковіхін, Л. М. Попова, С. О. Лавренко, М. М. Довгаль; за ред. І. М. Мринського. Київ: 2018. 432 с. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-06212>

10. Солоха, М., Дем'янюк, О., Симочко, Л., Мазур, С., Винокурова, Н., Семенцова, К., та Марійчук, Р. Деградація та забруднення ґрунтів внаслідок збройного конфлікту в Україні. Земля, 13(10), 2024. 164 с. <https://doi.org/10.3390/land13101614>

Дата першого надходження статті до видання: 02.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 633.854.78: 631.811.98

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.1.5>

ВПЛИВ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ НА ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СОНЯШНИКУ В СТЕПУ УКРАЇНИ

Андрейченко О.Г. – к.с.-г.н.,

старший викладач кафедри загального землеробства,

Центральноукраїнський національний технічний університет

orcid.org/0009-0003-0651-0263

Шепілова Т.П. – к.с.-г.н.,

доцент кафедри загального землеробства,

Центральноукраїнський національний технічний університет

orcid.org/0000-0002-1439-0439

Васильковська К.В. – к.т.н.,

доцент кафедри загального землеробства,

Центральноукраїнський національний технічний університет

orcid.org/0000-0002-3524-4027

У статті наведені результати досліджень проведених у 2024–2025 рр. Метою досліджень було визначити вплив позакореневого внесення регуляторів росту у різні фази росту рослини на формування продуктивності соняшнику.

Дослід проводили за двофакторною схемою: фактор А – фаза проведення обприскування рослин соняшнику (4 листків та 6 листків); фактор В – регулятор росту (контроль (вода), Трептолем, Архітект, Стімулейт).

Дослідні ділянки були розміщені на ґрунтах, які відносяться до чорноземів звичайних середньогумусних глибоких важкосуглинкових. Кліматичні умови характеризуються високими показниками температури повітря та тривалими бездошовими періодами.

За результатами проведених досліджень було встановлено, що регулятори росту сприяють стійкості рослин до негативних умов вирощування, в результаті збільшується надземна маса та зростає врожай.

Від застосування регуляторів росту збільшилася кількість листків з рослини до 12,9 %. Найбільшу кількість листків сформовано при проведенні обприскування рослин Стімулейтом і становила 18,4 шт.

Зростання асиміляційної поверхні при використанні регуляторів росту встановлено: від Трептолему на 2–2,7 тис. м²/га, від Архітекту на 2,9–3,3 тис. м²/га та від Стімулейту на 3,2–3,7 тис. м²/га залежно від фази застосування.

Регулятор росту Стімулейт суттєво збільшував діаметр кошика на 3,3 см у фазу 4 листків та 3,7 см у фазу 6 листків порівняно до контролю.

Від використання регуляторів росту кількість насіння в кошику зростала на 6,6–14,6 % у фазу 4 листків та на 12,1–14,7% у фазу 6 листків. Найбільший показник встановлено при використанні препарату Стімулейт.

Найбільшу масу 1000 насінин встановлено за проведення обприскування Стімулейтом у фазу 6 листків соняшника і становила 47,2 г, порівняно з контролем (44,9 г).

Використання регуляторів росту позитивно відобразилося на формуванні урожайності соняшника. Найбільша урожайність встановлена у варіанті з проведенням обприскування рослин у фазу 6 листків і становила 2,28 т/га.

Ключові слова: соняшник, регулятори росту, фаза внесення, продуктивність, урожайність.



Andreichenko O.H., Shepilova T.P., Vasylovskaya K.V. The effect of growth regulators on the development of sunflower yield in the Ukrainian Steppe

This article presents the results of studies conducted in 2024–2025. The aim of the studies was to determine the effect of foliar application of growth regulators at different stages of plant growth on sunflower yield.

The experiment was conducted using a two-factor design: factor A—the stage of sunflower spraying (4 leaves and 6 leaves); factor B—growth regulator (control (water), Treptolem, Architect, Stimulat).

The experimental plots were located on soils classified as ordinary chernozems with medium humus content, deep, and heavy loam. Climatic conditions are characterized by high air temperatures and prolonged dry periods.

The results of the studies showed that growth regulators enhance plant resistance to adverse growing conditions, resulting in increased above-ground biomass and higher yields.

The use of growth regulators increased the number of leaves per plant by up to 12.9%. The highest number of leaves was observed when plants were sprayed with Stimulat, amounting to 18.4 leaves.

An increase in the assimilation surface area was observed with the use of growth regulators: 2–2.7 thousand m²/ha with Treptolem, 2.9–3.3 thousand m²/ha with Architect, and 3.2–3.7 thousand m²/ha with Stimulat, depending on the application stage.

The growth regulator Stimulat significantly increased the basket diameter by 3.3 cm in the 4-leaf stage and by 3.7 cm in the 6-leaf stage compared to the control.

The use of growth regulators increased the number of seeds in the flower head by 6.6–14.6% in the 4-leaf stage and by 12.1–14.7% in the 6-leaf stage. The highest value was observed with the use of Stimulat.

The highest 1,000-seed weight was recorded when Stimulat was applied during the 6-leaf stage of sunflowers and amounted to 47.2 g, compared to the control (44.9 g).

The use of growth regulators had a positive effect on sunflower yield formation. The highest yield was recorded in the treatment where plants were sprayed during the 6-leaf stage and amounted to 2.28 t/ha.

Key words: sunflower, growth regulators, application stage, productivity, yield.

Постановка проблеми. Соняшник залишається провідною культурою в отриманні рослинної олії в країні та за її межами. А Степова зона України вважається однією з основних регіонів вирощування соняшнику [1]. Характеризується зона Степу тривалими бездощовими періодами, нерівномірними опадами, посухами та суховіями. В таких складних умовах потенціал сучасних високоврожайних гібридів та сортів реалізовується не в повному обсязі. Тому науковцями не припиняються пошуки інших шляхів оптимізації умов вирощування соняшника, зменшення впливу стресових факторів на отримання максимальних врожаїв.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вченими доведено, що рістстимулюючі речовини, що мають природне походження, прискорюють життєдіяльність клітин рослин та біохімічні процеси в них [2, 3].

Науковцями встановлено, що маючи в своєму складі фітогормони, що відносяться до ауксинів та цитокінінів, обприскування рослин регуляторами росту забезпечує зростанню врожайності [4] та виходу олії [5].

Дані проведених досліджень науковцями вказують, що формування врожайності соняшнику залежить від фаз розвитку культури та норми внесення регуляторів росту та мікродобрив [6].

Мета дослідження. Метою проведених досліджень було визначити вплив позакореневого застосування регуляторів росту у різні фази росту рослини на формування продуктивності соняшнику.

Методика досліджень. Схема двофакторного дослідження включала фактор А (фаза внесення регуляторів росту: фаза 4 листків та 6 листків) та фактор В (регулятор росту: контроль (вода), Трептолем, Архітект, Стимулейт), всього 8 варіантів

кожний в трьох повтореннях. Ділянки розміщено послідовно. Для посіву використовували гібрид соняшнику СИ Розета КЛП. Посухостійкий гібрид, який рекомендовано для вирощування в Степу України. Дослідження проводилися у 2024 та 2025 роках згідно методик польових досліджень.

Дослідні ділянки були розміщені на ґрунтах, які відносяться до чорноземів звичайних середньогумусних глибоких важкосуглинкових. Вміст гумусу коливається від 3,8-4,2 %, а реакція ґрунтового розчину близька до нейтральної.

Особливістю клімату зони Степу є спекотне літо, коли температура повітря може підніматися до +38 °С. Також спостерігаються затяжні бездощові періоди до 40 днів, бурі та суховії.

У 2024 р. середньомісячна температура повітря протягом вегетації соняшнику від травня до серпня перевищувала середньобагаторічні показники на 4,8 °С. Також у цей рік було зафіксовано недобір опадів протягом періоду росту і розвитку соняшнику. Дефіцит опадів становив 192,9 мм порівняно з багаторічними даними.

У 2025 році в період травень-червень встановлено достатню кількість опадів та оптимальну температуру повітря. 3 липня температура повітря перевищувала багаторічні показники від 1,9 до 5,7 °С. В середньому за період вирощування соняшнику температура повітря була вищою за середньобагаторічні на 2,5 °С. Опадів в червні перевищувала багаторічні показники (45 мм) у 2,3 рази, а у липні і серпні, навпаки, спостерігався їх недобір на 38,5 та 31 мм відповідно.

Результати досліджень. Умови навколишнього середовища впливають на реалізацію потенційної продуктивності культури і важливо вчасно скорегувати технологію вирощування задля запобігання майбутніх втрат врожаю. На формування рівня врожайності має вплив сформована надземна маса, яка є індикатором проходження внутрішніх процесів у рослині і дозволяє вчасно оцінити вплив факторів на її розвиток.

У проведеному дослідженні, встановлено вплив регуляторів росту на формування біометричних показників соняшнику (табл. 1).

Кількість листків на рослину сформувалася у контрольному варіанті на рівні 16,0-16,3 шт. Регулятори росту збільшували показник на 5,6-11,3 % при внесенні у фазу 4 листків та на 7,4-12,9 % у фазу 6 листків. Проведення обприскування рослин Стимулейтом сприяло формування найвищого значення кількості листків по досліді у становив 17,8 шт. (фаза 4 листків) та 18,4 шт. (фаза 6 листків).

Таблиця 1

**Біометричні показники соняшнику в фазі цвітіння
залежно від регулятору росту (2024–2025 рр.)**

Фаза внесення (фактор А)	Регулятор росту і норма витрати (фактор В)	Кількість листків на рослину, шт.	Площа листової поверхні тис. м²/га	Діаметр кошика, см
4 листків	Контроль	16,0	41,7	16,8
	Трептолем (20 мл/га)	16,9	43,7	18,5
	Архітект (1 л/га)	17,2	44,6	19,6
	Стимулейт (0,5 л/га)	17,8	44,9	20,1
6 листків	Контроль	16,3	41,8	17,1
	Трептолем (20 мл/га)	17,5	44,5	18,9
	Архітект (1 л/га)	18,1	45,1	20,3
	Стимулейт (0,5 л/га)	18,4	45,5	20,8

Одним із головних показників у формуванні майбутньої врожайності є площа листкової поверхні. Результати дослідження покази, що вона залежала як від фази проведення обприскування, так і від використаного препарату. В ході дослідження відмічено зростання асиміляційної поверхні при використанні препарату Трептолем на 2-2,7 тис. м²/га, Архітект – 2,9-3,3 тис. м²/га та Стимулейт – 3,2-3,7 тис. м²/га залежно від фази застосування порівняно до контролю.

Регулятор росту Стимулейт суттєво збільшував діаметр кошика і приріст становив 3,3 см у фазу 4 листків та 3,7 см у фазу 6 листків порівняно до контролю. Також діаметр кошика збільшувався і від препаратів Трептолем та Архітект на 1,7-3,2 см залежно від фази, коли проводили обприскування.

Проведення обприскування рослин регуляторами росту сприяло отриманню більшої кількості насінин з кошика та маси 1000 насінин (табл. 2). Від використання регуляторів росту кількість насіння в кошику зростала на 6,6-14,6 % у фазу 4 листків та на 12,1-14,7% у фазу 6 листків. Найбільший показник встановлено при використанні препарату Стимулейт і становив 1195 шт. (фаза 4 листків) та 1214 шт. (фаза 6 листків).

Таблиця 2

Продуктивність соняшнику залежно від регулятора росту (2024-2025 рр.)

Фаза внесення (фактор А)	Регулятор росту і норма витрати (фактор В)	Кількість насінин у кошику, шт.	Маса 1000 насінин, г	Урожайність, т/га
4 листків	Контроль	1043	44,7	1,93
	Трептолем (20 мл/га)	1112	45,7	2,08
	Архітект (1 л/га)	1187	46,5	2,12
	Стимулейт (0,5 л/га)	1195	46,8	2,18
6 листків	Контроль	1058	44,9	1,96
	Трептолем (20 мл/га)	1186	46,4	2,14
	Архітект (1 л/га)	1206	46,9	2,2
	Стимулейт (0,5 л/га)	1214	47,2	2,28

Маса 1000 насінин збільшувалася від використання регуляторів росту. Так, препарат Трептолем сприяв зростанню показника до 3,3%, Архітект – до 4,5% та Стимулейт – до 5,1%. Найбільшу масу 1000 насінин встановлено за проведення обприскування Стимулейтом у фазу 6 листків соняшника і становила 47,2 г, порівняно з контролем (44,9 г).

Таким чином, використання регуляторів росту впливає на формування окремих показників продуктивності соняшника, що відображається на рівні отриманого врожаю. Відбувається активізація біохімічних реакцій, що посилює життєдіяльність клітин. Так, під час проведення дослідження встановлено, що урожайність зростала від препарату Трептолем на 0,15-0,18 т/га, від Архітекту – на 0,19-0,24 т/га, а від препарату Стимулейт – на 0,25-0,32 т/га порівняно до контролю і залежно від фази використання. Найбільша урожайність була у варіанті з проведенням обприскування рослин у фазу 6 листків і становила 2,28 т/га.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Отже, на основі отриманих даних можна стверджувати, що регулятори росту покращують формування біометричних показників та елементів продуктивності рослин соняшнику. Найбільш ефективним виявився регулятор росту Стимулейт при обприскуванні рослин у фазу 6 листків у нормі витрати 0,5 л/га.

Подальші дослідження мають бути спрямовані на винайдення способів збереження потенційної врожайності соняшнику, які закладенні селекціонерами, а також додаткових маловитратних методів подолання негативного впливу навколишнього середовища, особливо тривалих бездощових періодів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Васильковська К.В., Андрієнко О.О., Малаховська В.О. Динаміка виробництва олійних культур в Україні та аналіз експорту олії. Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. Вип. 98. Ч. 2, 2021. С. 166-177.
2. Shepilova T., Mostipan M., Petrenko D., Vasytkovska K. The influence of sowing time and micro-fertilizers on soybean productivity in the northern steppe of Ukraine. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 26 (4). P. 787-792.
3. Глупак З.І., Шаповал В.М. Вплив регуляторів росту на формування врожайності соняшнику в умовах північно-східної частини Лісостепу України. *Таврійський науковий вісник*. № 134. С30-36.
4. Лемішко С.М., Черних С.А. Ефективність дії рістрегулюючих речовин і мікродобрив на процеси формування продуктивності соняшнику в умовах північного Степу України. *Аграрні інновації*. 2023. №17. С. 94-98.
5. Єремко Л.С., Сидоренко А.В., Олєпир Р.В., Агафанова С.О. Продуктивність окремих сільськогосподарських культур за застосування регуляторів росту рослин. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2009. № 1. С. 43-45.
6. Ткаліч Ю.І. Вплив мікродобрив і стимуляторів росту рослин на продуктивність соняшнику у північному Степу України. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*, № 23, 2016. С. 169-177.

Дата першого надходження статті до видання: 07.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 633.15:631.582:631.51:631.43:631.55

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.1.6>

ВПЛИВ ПОПЕРЕДНИКІВ ТА ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ НА АГРОФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТУ ТА УРОЖАЙНІСТЬ КУКУРУДЗИ

Андрієнко А.Л. – к.с.-г.н., с.н.с.,

завідувач лабораторією землеробства,

Інститут сільського господарства Степу

Національної академії аграрних наук України

orcid.org/0000-0002-2318-9454,

Семеняка І.М. – к.с.-г.н., доцент,

в. о. директора,

Інститут сільського господарства Степу

Національної академії аграрних наук України

orcid.org/0000-0002-8905-5387,

Андрієнко О.О. – к.с.-г.н., с.н.с., доцент,

доцент кафедри загального землеробства,

Центральноукраїнський національний технічний університет

orcid.org/0000-0003-1982-1151

У статті наведено результати багаторічних польових досліджень щодо впливу попередників і систем основного обробітку ґрунту на формування агрофізичних властивостей ґрунту та продуктивність кукурудзи в умовах Північного Степу України. Обґрунтовано актуальність оптимізації агротехнологічних заходів з метою регулювання водного, повітряного та поживного режимів ґрунту. Встановлено, що щільність і твердість ґрунту є ключовими показниками його агрофізичного стану та суттєво залежать від інтенсивності обробітку й попередників.

Дослідженнями доведено, що найменша щільність ($1,17\text{--}1,24\text{ г/см}^3$) і твердість ґрунту формуються за вирощування кукурудзи після сої та застосування полицевої оранки або глибокого рихлення. Мінімізація обробітку (мілке дискування, пряма сівба) призводить до ущільнення орного шару на $0,05\text{--}0,10\text{ г/см}^3$ і зростання твердості на $3,5\text{--}9,2\text{ кг/см}^2$, що негативно впливає на ріст і розвиток рослин. Встановлено тісні зворотні кореляційні зв'язки між агрофізичними показниками ґрунту та елементами продуктивності кукурудзи ($r = -0,71 \dots -0,91$).

Найвищу врожайність зерна кукурудзи ($6,56\text{--}7,15\text{ т/га}$ у 2010–2012 рр. та $8,30\text{--}8,91\text{ т/га}$ у 2020–2022 рр.) отримано за використання сої як попередника та глибокого обробітку ґрунту. Застосування мілкового обробітку зумовлює зниження врожайності на $0,31\text{--}0,47\text{ т/га}$, а прямої сівби – на $0,59\text{--}2,55\text{ т/га}$. Водночас глибоке рихлення може бути ефективною альтернативою оранці із незначним зменшенням урожайності ($1,7\text{--}3,5\%$).

Практичне значення результатів полягає в обґрунтуванні доцільності включення сої в сівозміну та застосування глибокого обробітку ґрунту для формування оптимального агрофізичного стану ґрунту і підвищення продуктивності кукурудзи.

Ключові слова: щільність ґрунту, твердість ґрунту, агроценоз, сівозміна, продуктивність рослин, зернова продукція, гібриди.

Andriienko A.L., Semeniaka I.M., Andriienko O.O. The effect of previous crops and primary tillage on soil agrophysical properties and maize yield

This article presents the results of long-term field studies on the influence of preceding crops and primary tillage systems on the formation of soil agrophysical properties and maize



© Андрієнко А.Л., Семеняка І.М., Андрієнко О.О., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

productivity in the Northern Steppe of Ukraine. The relevance of optimizing agrotechnological measures to regulate soil water, air, and nutrient regimes is substantiated. It has been established that soil density and hardness are key indicators of its agrophysical condition and depend significantly on the intensity of tillage and crop rotation.

Research has shown that the lowest soil density ($1.17\text{--}1.24\text{ g/cm}^3$) and hardness are achieved when growing corn after soybeans and using ridge plowing or deep loosening. Minimizing tillage (shallow discing, direct seeding) leads to compaction of the arable layer by $0.05\text{--}0.10\text{ g/cm}^3$ and an increase in hardness by $3.5\text{--}9.2\text{ kg/cm}^2$, which negatively affects plant growth and development. Close inverse correlations were established between soil agrophysical indicators and corn productivity components ($r = -0.71\text{...}-0.91$).

The highest corn grain yields ($6.56\text{--}7.15\text{ t/ha}$ in 2010–2012 and $8.30\text{--}8.91\text{ t/ha}$ in 2020–2022) were obtained when soybeans were used as a preceding crop and deep tillage was practiced. The use of shallow tillage results in a yield reduction of $0.31\text{--}0.47\text{ t/ha}$, while direct seeding reduces yields by $0.59\text{--}2.55\text{ t/ha}$. At the same time, deep loosening can be an effective alternative to plowing with a slight decrease in yield ($1.7\text{--}3.5\%$).

The practical significance of the results lies in substantiating the feasibility of including soybeans in crop rotation and applying deep tillage to establish optimal soil agrophysical conditions and increase corn productivity.

Key words: soil density, soil hardness, agrocenosis, crop rotation, plant productivity, grain yield, hybrids.

Актуальність теми дослідження. Одним із ключових завдань сучасного землеробства є забезпечення оптимальних умов росту і розвитку сільськогосподарських культур шляхом регулювання водного, повітряного, теплового та поживного режимів ґрунту. Важливу роль у цьому відіграють попередники та система основного обробітку ґрунту, які значною мірою визначають агрофізичний стан орного шару, зокрема твердість і щільність ґрунту [1]. Твердість ґрунту розглядається як важлива технологічна характеристика поля, оскільки перевищення її критичних значень негативно впливає на ріст і розвиток рослин, обмежує проникнення кореневої системи у глибші шари та погіршує використання ресурсів ґрунтового середовища [2–4]. Однією з основних характеристик структури ґрунту є його щільність (об'ємна маса), яка відображає співвідношення маси абсолютно сухого ґрунту непорушеної будови до його об'єму і визначає масу 1 cm^3 ґрунту [5, 6]. Цей показник є динамічним і залежить від структури та вологості ґрунту, гранулометричного складу, вмісту органічної речовини, культур сівозміни та системи агротехнічних заходів. Таким чином, оптимізація системи основного обробітку ґрунту та підбір ефективних попередників є важливим науковим і практичним завданням, спрямованим на підвищення продуктивності посівів кукурудзи та ефективне використання ґрунтових ресурсів.

Постановка проблеми. Результати досліджень свідчать, що попередники та система основного обробітку ґрунту істотно впливають на ріст і розвиток рослин кукурудзи, формування її кореневої системи та продуктивність посівів. За даними досліджень, водний режим ґрунту та його агрофізичні властивості виступають визначальними чинниками формування врожайності культури, оскільки вони безпосередньо впливають на розвиток кореневої системи і забезпечення рослин вологою та поживними речовинами [3, 8, 9]. Дослідження показують, що способи та глибина основного обробітку ґрунту, а також попередники можуть по-різному впливати на щільність і твердість ґрунту, що, у свою чергу, визначає особливості його водного режиму. Встановлено тісний кореляційний зв'язок між щільністю ґрунту та його вологістю ($r = -0,72$) при вирощуванні кукурудзи, що свідчить про значний вплив агрофізичних параметрів на формування умов водозабезпечення посівів [2, 10].

Суттєвим фактором підвищення продуктивності кукурудзи є впровадження нових високопродуктивних гібридів, які відрізняються генетичним походженням, тривалістю вегетаційного періоду, адаптивними властивостями та реакцією на ґрунтово-кліматичні умови [3, 11]. Їх використання у посушливих умовах Степу України сприяє стабілізації виробництва зерна та зменшенню коливань урожайності за несприятливих погодних умов. Водночас значна кількість досліджень присвячена визначенню ефективності різних систем основного обробітку ґрунту. Традиційно для кукурудзи оптимальним вважався глибокий полицевий обробіток (25–27 см), який забезпечує накопичення та раціональне використання вологи, а також ефективний контроль бур'янів [3, 12–16]. Поряд із цим дослідники розглядають можливість застосування безполицевого або мілкого обробітку ґрунту, які можуть мати як агрономічні, так і економічні переваги [17–20]. За даними окремих досліджень, безполицевий обробіток може бути рівноцінною або навіть ефективнішою альтернативою традиційній оранці [17–19], тоді як інші науковці відзначають можливе зниження продуктивності культури за його застосування [21, 22]. Щодо мілкого обробітку ґрунту, більшість дослідників вказує на його обмежені можливості як повноцінної альтернативи глибокому обробітку, хоча він може бути економічно вигіднішим за рахунок зменшення виробничих витрат [12, 23, 24] та застосовуватися за умов високої родючості ґрунтів і низької забур'яненості полів [25, 26].

Незважаючи на значну кількість наукових досліджень, присвячених системам основного обробітку ґрунту та застосуванню добрив під кукурудзу, у науковій літературі відсутні однозначні висновки щодо оптимального способу обробітку ґрунту для умов Степу України. Більшість рекомендацій має узагальнений характер і ґрунтується переважно на рівні вологозабезпечення регіону та групі стиглості гібридів, тоді як специфічна реакція сучасних гібридів на зміну агротехнічних заходів вивчена недостатньо. Особливо це стосується умов використання орґано-мінеральної системи удобрення, де взаємодія попередників, способів і глибини обробітку ґрунту та біологічних особливостей нових гібридів потребує подальшого наукового обґрунтування. У зв'язку з цим актуальним є дослідження впливу різних систем основного обробітку ґрунту та попередників на агрофізичні властивості ґрунту і продуктивність сучасних гібридів кукурудзи в умовах Степу України.

Незважаючи на всебічні дослідження в області основного обробітку ґрунту та застосування мінеральних добрив під кукурудзу, що висвітлені вченими, в науковій літературі не дано однозначних висновків про кращий спосіб основного обробітку ґрунту для вирощування кукурудзи в Степу України, особливо відносно нових гібридів та за умов орґано-мінеральної системи удобрення.

Мета досліджень – встановити закономірності формування агрофізичних властивостей ґрунту (щільності та твердості) залежно від попередника і системи основного обробітку, а також оцінити їх вплив на ріст, розвиток і продуктивність рослин кукурудзи з метою обґрунтування оптимальних агротехнологічних рішень для підвищення ефективності її вирощування.

Методика досліджень. Дослідження проводили протягом 2010–2012 та 2020–2022 рр. в Інституті сільського господарства Степу НААН, в умовах Північного Степу України. Для цього регіону характерним є помірно континентальний клімат. Ґрунт – глибокий середньогумусний важкосуглинковий чорнозем звичайний, який скипає на глибині 50–55 см. Реакція ґрунтового розчину рН – 6,5–7,0, тобто є близькою до нейтральної. В орному шарі міститься гумусу 4,69%, легкогідролізованого азоту – 137 мг/кг ґрунту, рухомого фосфору – 100 мг/кг ґрунту,

обмінного калію – 151 мг/кг ґрунту, рухомих форм марганцю, цинку, бору та сірки відповідно 20,2; 0,41; 1,2 і 9,8 мг/кг ґрунту.

Програмою досліджень передбачалося визначити ефективність і доцільність мінімізації основного обробітку ґрунту за використання різних попередників, комплексний вплив цих факторів на агрофізичні властивості ґрунту, формування врожаю кукурудзи та якості її зерна. Основний метод досліджень – польовий дослід. Для наукового обґрунтування мети і реалізації поставлених завдань, узагальнення результатів експериментальної роботи використовували метод гіпотез – вибір напряму досліджень, визначення актуальності роботи, розроблення схеми досліджу; діалектичний метод – спостереження за розвитком культурних рослин і процесами формування врожайності; метод синтезу – узагальнення результатів досліджень, формування висновків; метод аналізу – визначення адаптивності досліджуваних об'єктів до умов вирощування; метод індукції – обґрунтування висновків на основі виявлення кращих варіантів; метод математичної статистики (дисперсійний і кореляційний аналізи).

В дослідженнях застосовували технологічні системи вирощування кукурудзи із використанням післяжнивних решток попередніх культур [21]. Для закладання польового дослідів висівали 4 попередники: пшеницю озиму, кукурудзу на зерно, сою та соняшник. Збирання попередників проведено з розсіюванням по поверхні ґрунту післяжнивних решток. На всій площі, відведеній для закладання дослідів, були внесені мінеральні добрива з розрахунку NPK по 30 кг д.р./га. Перед проведенням обробітку ґрунту всі ділянки для мульчування поверхні ґрунту було оброблено подрібнювачем післяжнивних решток (FALK-4,0).

Основний обробіток ґрунту як фактор дослідження здійснювали поділяково: у варіанті з глибоким полицевим обробітком ґрунту – дискування на глибину 8–10 см (АГ-2,4), потім оранка на глибину 25–27 см (ПОН 5-35); у варіанті з глибоким рихленням – дискування на 8–10 см з наступним глибоким рихленням ґрунту на 30–32 см глибокорозпушувачем Quivogne; у варіанті з мілким обробітком ґрунту – дискування на глибину 8–10 см (АГ-2,4), потім дискування на глибину 10–12 см (УДА-4,2); у варіанті із застосуванням прямої сівби обробітку ґрунту не проводили.

Передпосівний обробіток ґрунту у варіантах, де був потрібним, передбачав весняне боронування зябу важкими зубовими бородами та культивування на глибину 5–7 см.

Для захисту від вегетуючих бур'янів навесні за 2 тижні до сівби кукурудзи застосовували гербіцид суцільної дії Раундап (2 л/га). Ґрунтовий гербіцид Харнес, 90% к.е. (2,5 л/га) вносили перед сівбою в усіх варіантах дослідів: на ділянках із традиційним і мінімальним обробітками ґрунту його загортання поєднували з передпосівною культивування, а на ділянках із застосуванням прямої сівби залишали на поверхні ґрунту без загортання. Упродовж вегетації кукурудзи додатково використовували страховий гербіцид МайсТер, 62 WG у комплексі з ПАВ Біопауер (150 г/га + 1,0 л/га), рекомендованими фірмою-виробником дозами у фазі 5–6 листків культури.

Сівбу кукурудзи проводили в оптимальні для регіону строки сівалкою з турбодисками (Great Plains PD-8070) з одночасним внесенням туків із розрахунку NPK по 10 кг д.р./га. Боротьбу зі шкідниками та хворобами здійснювали відповідно до наявних у регіоні рекомендацій.

Типовою для Північного Степу, де виконували дослідження, є нестійка та недостатня вологозабезпеченість. Упродовж року опади на території дослідної

ділянки випадають нерівномірно, середньорічна їх сума становила 499 мм. У весняно-літній період в окремі роки проявляється періодична нестача вологи. Середньобагаторічний показник ступеня зволоження території в період активної вегетації пізніх ярих культур (за температури повітря понад $+10^{\circ}\text{C}$) – гідротермічний коефіцієнт Селянінова, становить 1. Роки досліджень були неоднаково сприятливими для росту й розвитку рослин кукурудзи за температурним режимом і вологозабезпеченістю.

Так, у 2010 р. вегетація кукурудзи проходила за посушливих умов. Вологозабезпечення верхнього шару ґрунту (0–10 см) під час сівби було недостатнім (запаси продуктивної вологи 5,6–6,8 мм), у шарі 1 м – 114–122 мм. Сума опадів у травні–серпні була на 43 мм нижча за середньобагаторічну норму, а сума активних температур перевищила норму на $744-686^{\circ}\text{C}$, ГТК становив 0,81–0,64. Особливо складні умови були під час наливу зерна в серпні: опадів випало лише 8 мм, запаси продуктивної вологи – до 75 мм, а максимальні температури досягали $39-40^{\circ}\text{C}$.

У 2011 р. умови вегетації були різними: від дуже сухих (ГТК=0,17–0,37) до надмірно зволених (ГТК=2,52), з сумою активних температур $3156,6^{\circ}\text{C}$, що на 462°C вище за норму. Гідротермічний коефіцієнт за період активної вегетації був на 20 % нижчим за норму (0,81), що загалом характеризує рік як посушливий. Проте критичні періоди росту і наливу зерна збіглися з достатнім водозабезпеченням, що сприяло реалізації потенціалу продуктивності гібридів та збереженню врожаю.

Погодні умови періоду вегетації кукурудзи 2012 р. внаслідок високого температурного режиму, недостатньої кількості опадів і нерівномірного їх випадання (в окремі періоди у вигляді зливових дощів із градом і шквальним вітром) негативно вплинули на формування продуктивності кукурудзи. Сума активних температур (понад $+10^{\circ}\text{C}$) за травень – вересень становила $3417,3^{\circ}\text{C}$, що на $722,6^{\circ}\text{C}$ більше за норму, ГТК=0,49, що характеризує погодні умови як сухі.

Протягом останніх років досліджень погодні умови періоду вегетації кукурудзи в наших дослідженнях характеризувалися перевищенням суми активних (понад $+10^{\circ}\text{C}$) температур повітря на $644-680^{\circ}$ понад норму. Кількість опадів за період вегетації кукурудзи у 2020 році становила 212 мм, у 2021 році – 381,5 мм, у 2022 році – 322,7 мм. Відповідно, гідротермальні коефіцієнти, розраховані за методологією Г. Селянінова, становили 0,5, 1,1 та 1,0, що свідчить про посушливі умови у 2020 році та їхній негативний вплив на рівень врожайності кукурудзи на зерно.

Результати досліджень. Проведені у 2010–2012 рр. дослідження показали, що щільність ґрунту в посівах кукурудзи зростала із глибиною досліджуваного горизонту після усіх попередників та за всіх способів основного обробітку ґрунту (табл. 1).

За вирощування кукурудзи після пшениці озимої (еталон) після оранки щільність ґрунту коливалася від $1,10\text{ г/см}^3$ у посівному шарі (0–8 см) до $1,27\text{ г/см}^3$ у шарі ґрунту 24–32 см. Після мілкого дискового обробітку відбувалось збільшення об'ємної маси до $1,13-1,31\text{ г/см}^3$, а за прямої сівби – до $1,17-1,32\text{ г/см}^3$. Після попередника соя щільність ґрунту за оранки та мілкого дискового обробітку зменшувалась на $0,02\text{ г/см}^3$ залежно від глибини відбору зразків, а за прямої сівби – на $0,01-0,02\text{ г/см}^3$. При вирощуванні кукурудзи у повторних посівах щільність ґрунту відрізнялася від показників отриманих після попередника пшениця озима на $\pm 0,01\text{ г/см}^3$, а після соняшнику даний показник у посівному шарі був більшим відносно еталону на $0,02\text{ г/см}^3$, а у горизонтах 8–32 см відрізнявся від попередника пшениця озима на $\pm 0,01\text{ г/см}^3$.

Таблиця 1

Щільність ґрунту у посівах кукурудзи на зерно залежно від попередника та основного обробітку ґрунту, г/см³, 2010–2012 рр.

Гібрид (фактор А)	Основний обробіток ґрунту (фактор В)	Шар ґрунту, см				
		0–8	8–16	16–24	24–32	0–32
Озима пшениця (еталон)	оранка (25–27 см)	1,10	1,17	1,22	1,27	1,19
	дискування (10–12 см)	1,13	1,21	1,26	1,31	1,23
	нульовий обробіток	1,17	1,25	1,29	1,32	1,26
Соя	оранка (25–27 см)	1,08	1,16	1,21	1,25	1,17
	дискування (10–12 см)	1,11	1,21	1,26	1,29	1,22
	нульовий обробіток	1,17	1,24	1,28	1,30	1,24
Кукурудза на зерно	оранка (25–27 см)	1,11	1,16	1,21	1,25	1,18
	дискування (10–12 см)	1,14	1,22	1,27	1,31	1,23
	нульовий обробіток	1,16	1,26	1,29	1,32	1,26
Соняшник	оранка (25–27 см)	1,12	1,16	1,20	1,27	1,19
	дискування (10–12 см)	1,15	1,22	1,27	1,30	1,24
	нульовий обробіток	1,19	1,25	1,28	1,32	1,26
НІР ₀₅	(0–32 см)	Факторів: А – 0,01; В – 0,01; АВ – 0,02				

Отримані результати свідчать, що найнижчі показники щільності ґрунту спостерігалися за оранки, не залежно від попередника. Нульовий обробіток призводив до збільшення ущільнення ґрунту на 0,03–0,04 г/см³ після пшениці озимої, на 0,03–0,05 г/см³ після сої, на 0,03–0,06 г/см³ у повторних посівах та на 0,03–0,07 г/см³ після соняшнику, особливо у горизонтах 8–16 см та 16–24 см. Застосування прямої сівби у технології вирощування кукурудзи на зерно призводило до зростання щільності ґрунту на 0,05–0,07 г/см³ після пшениці озимої, на 0,05–0,09 г/см³ після сої, на 0,05–0,10 г/см³ у повторних посівах та на 0,05–0,09 г/см³ після соняшнику, особливо у шарі 0–8 см після попередників суцільної сівби та 8–16 см і 16–24 см після просапних попередників. Це підкреслює важливість вибору відповідного способу обробітку для забезпечення оптимальних умов росту рослин кукурудзи.

Отже, найменшою щільність ґрунту при вирощуванні кукурудзи на зерно була після попередника соя не залежно від способу основного обробітку ґрунту. Слід відмітити, що за мілкого дискового обробітку на цьому попереднику щільність посівного шару ґрунту була меншою, ніж за оранки після соняшнику. Коливання щільності ґрунту між попередниками не залежно від обробітку ґрунту становило $\pm 0,01$ – $0,02$ г/см³ практично в усіх шарах ґрунту. Застосування мілкого дискового обробітку ґрунту у технології вирощування кукурудзи призводило до зростання об'ємної маси ґрунту за попередника пшениця озима на 0,03–0,04 г/см³, сої та кукурудзи – на 0,03–0,06 г/см³, а соняшнику – на 0,03–0,07 г/см³. За прямої сівби зростання щільності ґрунту становило 0,05–0,10 г/см³ залежно від попередника. Встановлено високі зворотні кореляційні зв'язки між щільністю ґрунту та рядом показників: висотою рослин ($r = -0,81$), масою однієї рослини ($r = -0,82$), площею листової поверхні однієї рослини ($r = -0,81$), озерненістю ($r = -0,89$) та урожайністю зерна ($r = -0,71$).

Тенденції щодо щільності ґрунту, які простежувалися в кожному окремому дослідженому горизонті, співпадали із тенденціями, визначеними для орного шару (0–32 см). У технології вирощування кукурудзи на зерно щільність ґрунту у горизонті 0–32 см за попередників пшениця озима та соняшник коливалася в межах 1,19–1,26 г/см³, сої – 1,17–1,24 г/см³, а у повторних посівах – 1,18–1,26 г/см³.

Вплив попередників на щільність ґрунту орного шару був незначним та становив $\pm 0,01-0,02$ г/см³.

Найбільший вплив на щільність ґрунту вказаного горизонту справляв обробіток ґрунту. Так, за досліджуваних попередників мінімізація обробітків ґрунту призводила до його ущільнення за мілкого дискового обробітку на $0,05$ г/см³, а за прямої сівби – на $0,07-0,08$ г/см³.

Проведені дослідження з визначення твердості ґрунту при вирощуванні пізніх ярих культур залежно від попередника та основного обробітку ґрунту свідчать про суттєву варіабельність цього показника в орному шарі ґрунту і впливу на нього різних агротехнічних заходів.

У ході досліджень встановлено, що твердість ґрунту у посівах кукурудзи на зерно закономірно зростала з глибиною профілю у всіх варіантах основного обробітку. Найменші значення показника спостерігали за полицевої оранки, що забезпечувала кращу аерацію та структуру орного шару. Після пшениці озимої твердість, залежно від горизонту, становила $5,6-18,4$ кг/см², тоді як за мілкого обробітку показник зростав, а за прямої сівби досягав $13,6-28,3$ кг/см², що негативно впливало на ріст кукурудзи (табл. 2).

Таблиця 2

Твердість ґрунту у посівах кукурудзи на зерно залежно від попередника та основного обробітку ґрунту, г/см², 2010–2012 рр.

Гібрид (фактор А)	Основний обробіток ґрунту (фактор В)	Шар ґрунту, см				
		0–8	8–16	16–24	24–32	0–32
Озима пшениця (еталон)	оранка (25–27 см)	5,6	11,4	14,4	18,4	12,0
	дискування (10–12 см)	10,3	17,1	19,9	20,7	16,7
	нульовий обробіток	13,3	20,6	22,4	28,5	21,2
Соя	оранка (25–27 см)	4,8	9,4	13,4	17,8	11,3
	дискування (10–12 см)	7,6	13,7	17,9	20,1	14,8
	нульовий обробіток	11,8	16,2	20,1	24,3	18,1
Кукурудза на зерно	оранка (25–27 см)	5,5	10,9	14,7	19,2	12,5
	дискування (10–12 см)	10,0	17,7	20,3	21,6	17,4
	нульовий обробіток	13,6	20,2	21,8	28,7	21,1
Соняшник	оранка (25–27 см)	5,9	10,4	14,9	18,5	12,4
	дискування (10–12 см)	9,9	19,2	20,2	21,4	17,7
	нульовий обробіток	13,5	20,5	21,9	28,6	21,1
НІР ₀₅	(0–32 см)	Факторів: А – 0,86; В – 0,75; АВ – 1,49				

Після сої твердість ґрунту була найменшою: за оранки $4,8-17,8$ кг/см², за мілкого дискового обробітку – $7,6-20,1$ кг/см², а за прямої сівби – $11,8-24,3$ кг/см². Це свідчить про позитивний вплив сої як попередника на фізичні властивості ґрунту. У повторних посівах кукурудзи твердість зростала: $5,5-19,2$ кг/см² за оранки, $10,0-21,6$ кг/см² за мілкого дискового обробітку та $13,6-28,7$ кг/см² за прямої сівби. Після соняшнику була відмічена подібна тенденція – $5,9-18,5$ кг/см², $9,9-21,4$ кг/см² та $13,5-28,6$ кг/см² відповідно.

Отже, зі зменшенням інтенсивності обробітку ґрунту відбувалося поступове ущільнення орного шару, що найбільше проявлялося у варіантах прямої сівби. Найсприятливіші умови для росту кукурудзи формувалися за полицевої оранки після сої та пшениці озимої.

Застосування мілкого дискового обробітку ґрунту у технології вирощування кукурудзи призводило до зростання твердості ґрунту за попередника пшениця озима на 2,3–5,7 кг/см², сої – на 2,3–4,5 кг/см², у повторних посівах – на 2,4–6,8 кг/см², а після соняшнику – на 2,9–8,8 кг/см². Необхідно відмітити, що найбільша різниця між показниками твердості ґрунту між обробітками була у шарі 8–16 см, а найменша – у 24–32 см. За прямої сівби зростання твердості ґрунту становило 7,7–10,1 кг/см² за попередника пшениця озима, після сої ця різниця була найменшою і становила 6,6–7,0 кг/см², після соняшнику – 7,0–10,1 кг/см², а у повторних посівах – 7,1–9,6 кг/см².

Встановлено високі зворотні кореляційні зв'язки між твердістю орного шару ґрунту та рядом показників: висотою рослин кукурудзи ($r = -0,86$), масою однієї рослини ($r = -0,88$), площею листової поверхні однієї рослини ($r = -0,87$), озерненістю ($r = -0,91$) та урожайністю зерна кукурудзи ($r = -0,78$).

Незалежно від того, як змінювалася твердість ґрунту у окремих досліджуваних горизонтах, в орному шарі (0–32 см) спостерігалася загальна закономірність – твердість ґрунту більшою мірою залежала від способу основного обробітку.

При вирощуванні кукурудзи на зерно після пшениці озимої твердість ґрунту становила 11,98–21,15 кг/см², після сої – 11,34–18,11 кг/см², після кукурудзи – 12,54–21,06 кг/см², а після соняшнику – 12,43–21,12 кг/см². Найнижчі значення зафіксовано за оранки, найвищі – за прямої сівби. Відхилення показника під впливом попередників становили в межах $\pm 0,01$ –2,25 кг/см², проте вплив системи обробітку ґрунту був більшим. Відносно оранки твердість ґрунту зростала на 3,48–5,25 кг/см² за мілкою дискового обробітку та на 6,77–9,17 кг/см² за прямої сівби.

Результати досліджень свідчать про те, що застосування сої як попередника в технології вирощування кукурудзи на зерно мало позитивний вплив на формування її врожайності – 6,56–7,15 т/га, яка була значно вищою, ніж після інших попередників. За вирощування кукурудзи після пшениці озимої та кукурудзи на зерно на фоні оранки її врожайність знижувалася і становила 6,72 та 6,55 т/га порівняно з урожайністю за попередника сої. Найнижчою вона була за оранки після попередника соняшнику – 6,29 т/га (табл. 3).

Таблиця 3

**Урожайність зерна кукурудзи залежно від попередників
та основного обробітку ґрунту, т/га (2010–2012 рр.)**

Попередник, фактор А	Основний обробіток ґрунту, фактор В	Урожайність	± до еталонного попередника	± до еталону обробітку ґрунту
Пшениця озима	оранка (25–27 см)	6,72	–	–
	дискування (10–12 см)	6,26	–	-0,46
	нульовий обробіток	4,17	–	-2,55
Соя	оранка (25–27 см)	7,15	0,43	–
	дискування (10–12 см)	6,84	0,58	-0,31
	нульовий обробіток	6,56	2,39	-0,59
Кукурудза на зерно	оранка (25–27 см)	6,55	-0,17	–
	дискування (10–12 см)	6,08	-0,18	-0,47
	нульовий обробіток	5,64	1,47	-0,90
Соняшник	оранка (25–27 см)	6,29	-0,43	–
	дискування (10–12 см)	5,84	-0,42	-0,45
	нульовий обробіток	5,61	1,44	-1,59
НІР ₀₅	для урожайності, т/га	фактор А –0,21, фактор В –0,18, фактор АВ –0,35		

Із застосуванням мілкого обробітку в технологічному процесі вирощування кукурудзи після всіх досліджуваних попередників її врожайність знижувалася. Недобір урожаю після попередника сої становив 0,31 т/га, після пшениці озимої, кукурудзи на зерно та соняшнику – 0,45–0,47 т/га порівняно з урожайністю за оранки. Ще більший недобір урожаю спостерігався за прямої сівби кукурудзи. Так, за вирощування після сої він був 0,59 т/га, у повторних посівах – 0,90 т/га, після соняшнику – 1,59, пшениці озимої – 2,55 т/га.

Найменшою врожайність зерна кукурудзи була за вирощування після соняшнику. Скажімо, за оранки вона становила 6,29 т/га, що нижче, ніж на ділянках після сої без обробітку ґрунту (6,56 т/га). Урожайність кукурудзи, вирощеної після соняшнику, за мінімального обробітку ґрунту була значно нижчою за врожайність, отриману після всіх досліджуваних попередників.

Різні гібриди кукурудзи по-різному реагують на щільність орного шару, що обумовлено відмінностями у морфології кореневої системи, інтенсивності ростових процесів та адаптивності до агрофізичних умов.

Проведені дослідження у 2020–2022 рр. показали, що щільність ґрунту в агроценозах різних гібридів кукурудзи варіювала залежно від системи основного обробітку та глибини шару ґрунту. У середньому найменші значення спостерігалися у верхньому горизонті (0–8 см), тоді як у міру заглиблення показники щільності поступово зростали. Найменш ущільнений орний шар відмічено за глибокої оранки, де показник щільності в шарі 0–8 см становив 1,08–1,12 г/см³, а у шарі 24–32 см – 1,26–1,28 г/см³. Це свідчить про формування сприятливої агрофізичної структури з оптимальним співвідношенням твердих часток і пор.

Глибоке рихлення забезпечувало дещо вищу щільність у верхньому шарі (1,10–1,13 г/см³), однак у підорних горизонтах показники залишалися помірними – 1,24–1,27 г/см³, що свідчить про збереження структури та проникності ґрунту для кореневої системи (табл. 4). За мілкого обробітку ґрунту спостерігалось суттєве ущільнення в середніх і глибших шарах профілю. Щільність у шарі 16–24 см досягала 1,24–1,25 г/см³, а у 24–32 см – 1,29–1,30 г/см³, що є ознакою формування ущільненого прошарку, який може обмежувати розвиток коренів кукурудзи.

Порівняння між гібридами показало, що значні відмінності за щільністю ґрунту не спостерігалися, проте гібриди ЛГ 31330 та Адевей характеризувалися дещо більшими значеннями щільності на глибині 24–32 см (до 1,30 г/см³), що може бути пов'язано з відмінностями у морфології кореневої системи.

Отже, найсприятливіші умови для росту кукурудзи з точки зору щільності ґрунту створювалися за глибокої оранки та глибокого рихлення, тоді як мілкий дисковий обробіток сприяв формуванню ущільненого горизонту, який може знижувати водопроникність і повітрообмін у кореневмісному шарі.

У проведених дослідженнях встановлено істотний вплив системи основного обробітку ґрунту на твердість орного шару під посівами різних гібридів кукурудзи. У посівному (0–8 см) шарі ґрунту найменші значення твердості відзначено на варіантах глибокого рихлення, де показники коливалися в межах 5,50–6,13 кг/см² залежно від гібриду. За глибокої оранки твердість була дещо вищою – 5,73–6,53 кг/см², а за мілкого обробітку вона зростала до 6,63–7,10 кг/см². У шарі ґрунту 8–16 см також простежувалася тенденція до збільшення твердості з переходом від глибокої оранки до мілкого дискового обробітку: при оранці показники становили 7,67–8,37 кг/см², при глибокому рихленні – 7,87–8,33 кг/см², а за дискування – значно вищі (10,60–14,00 г/см²). Це свідчить, що мілкий дисковий обробіток сприяв утворенню ущільненого прошарку, який обмежував розвиток кореневої системи

кукурудзи. У горизонтах 16–24 см та 24–32 см твердість ґрунту закономірно зростала з глибиною. За глибокої оранки показники варіювали в межах 14,17–14,87 кг/см² у шарі 16–24 см і 18,83–20,57 кг/см² у шарі 24–32 см. При глибокому рихленні твердість була дещо нижчою – відповідно 14,00–15,67 кг/см² і 16,63–18,97 кг/см², що свідчить про покращення фізичного стану ґрунту. Найвищі значення зафіксовано на варіантах мілкої дискової обробки – 16,40–20,50 кг/см² та 21,10–23,20 кг/см² відповідно до горизонтів 16–24 та 24–31 см, що мало негативний вплив на ріст та розвиток рослин гібридів кукурудзи (табл. 5).

Таблиця 4

**Щільність ґрунту агроценозів різних гібридів кукурудзи
залежно від способу основного обробітку ґрунту, г/см³, 2020–2022 рр.**

Гібрид (фактор А)	Основний обробіток ґрунту (фактор В)	Шари ґрунту, см			
		0–8	8–16	16–24	24–32
ЛГ 31272	оранка (25–27 см)	1,08	1,12	1,17	1,26
	рихлення (30–32 см)	1,10	1,12	1,15	1,24
	дискування (10–12 см)	1,11	1,18	1,24	1,29
Адевей	оранка (25–27 см)	1,09	1,12	1,16	1,26
	рихлення (30–32 см)	1,13	1,14	1,16	1,27
	дискування (10–12 см)	1,12	1,20	1,24	1,29
ЛГ 31330	оранка (25–27 см)	1,12	1,12	1,17	1,28
	рихлення (30–32 см)	1,13	1,14	1,17	1,26
	дискування (10–12 см)	1,13	1,21	1,25	1,30
ЛГ 31377	оранка (25–27 см)	1,09	1,13	1,17	1,27
	рихлення (30–32 см)	1,11	1,11	1,15	1,25
	дискування (10–12 см)	1,09	1,17	1,25	1,30

Таблиця 5

**Твердість ґрунту агроценозів різних гібридів кукурудзи
залежно від способу основного обробітку ґрунту, кг/см², 2020–2022 рр.**

Гібрид (фактор А)	Основний обробіток ґрунту (фактор В)	Шар ґрунту, см			
		0–8	8–16	16–24	24–32
ЛГ31277	оранка (25–27 см)	6,53	8,37	14,87	20,57
	рихлення (30–32 см)	5,70	8,33	15,67	18,97
	дискування (10–12 см)	7,07	14,00	20,50	23,20
Адевей	оранка (25–27 см)	5,73	7,67	14,47	19,03
	рихлення (30–32 см)	6,13	7,87	14,10	16,93
	дискування (10–12 см)	7,10	12,83	19,33	22,57
ЛГ31330	оранка (25–27 см)	6,23	8,27	14,37	19,23
	рихлення (30–32 см)	5,93	7,93	14,33	17,60
	дискування (10–12 см)	7,03	12,80	19,23	22,03
ЛГ31337	оранка (25–27 см)	6,03	8,03	14,17	18,83
	рихлення (30–32 см)	5,50	8,10	14,00	16,63
	дискування (10–12 см)	6,63	10,60	16,40	21,10

У середньому по гібридах найменша твердість ґрунту спостерігалася за глибокого рихлення, що забезпечувало кращу аерацію та умови для росту коренів. За мілкого дискового обробітку твердість значно зростала на всіх глибинах, що негативно позначалося на водопроникності та продуктивності рослин.

Встановлено тісний зворотний кореляційний зв'язок між щільністю ґрунту та площею листової поверхні ($r = -0,82$), індивідуальною продуктивністю рослин ($r = -0,88$), а також між твердістю ґрунту та площею рослин ($r = -0,95$) та продуктивністю ($r = -0,82$). Урожайність також зворотно корелювала зі щільністю ($r = -0,88$) та твердою орного шару ($r = -0,86$).

Водночас встановлено тісний прямий зв'язок між кількістю зерен у качані та масою зерна з одного качана ($r = 0,97$). Високі позитивні коефіцієнти кореляції між елементами структури врожаю та урожайністю (озерненість $r = 0,98$, маса зерна з качана $r = 0,99$) підтверджують визначальну роль цих показників у формуванні кінцевої продуктивності культури.

Аналіз кількості утворених качанів на 100 рослинах показав, що у всіх досліджуваних гібридів спостерігалась тенденція до зменшення кількості качанів на фоні мілкого обробітку ґрунту, а при застосуванні глибокого рихлення показник був близьким до варіантів із полицевою оранкою (табл. 6).

Дуже посушливі умови 2020 року призводили до пригнічення рослин гібридів кукурудзи та значно впливали на показники продуктивності рослин. Так, у 2020 році у середньоранніх гібридів ЛГ 31272 та Адевей кількість качанів на 100 рослин коливалась у межах 78–86 качанів, а у середньостиглих гібридів 72–82 шт./100 рослин. Це суттєво вплинуло на урожайність зерна у 2020 році.

Так, у середньому за 2020–2022 рр. на фоні застосування полицевої оранки всі гібриди показали найвищі результати з утвореної кількості качанів – 101,3–102,7 шт. Тобто, у посівах були присутні рослини, що утворили більше одного качана, що свідчить про гарні умови їх формування. У розрізі гібридів найбільшу кількість качанів утворили рослини гібрида Адевей – 102,7 шт., дещо менше спостерігалось у гібридів ЛГ 31377 та ЛГ 31330 – 102,3 та 102,0 шт. відповідно. Найнижчі результати відмічені у гібрида ЛГ 31272 – 101,3 шт.

Таблиця 6

**Продуктивність гібридів кукурудзи за різних способів
основного обробітку ґрунту, 2020–2022 р.**

Гібрид (фактор А)	Основний обробіток ґрунту (фактор В)	Кількість продуктивних качанів/100 рослинах, шт.	Урожайність зерна, т/га	± до еталону обробітку ґрунту
ЛГ 31272	оранка (25–27 см)	101,3	8,30	
	рихлення (30–32 см)	100,3	8,16	-0,14
	дискування (10–12 см)	92,7	7,01	-1,29
Адевей	оранка (25–27 см)	102,7	8,66	
	рихлення (30–32 см)	100,7	8,44	-0,22
	дискування (10–12 см)	92,0	7,04	-1,62
ЛГ 31330	оранка (25–27 см)	102,0	8,49	
	рихлення (30–32 см)	100,7	8,20	-0,29
	дискування (10–12 см)	90,0	6,80	-1,69
ЛГ 31377	оранка (25–27 см)	102,3	8,91	
	рихлення (30–32 см)	99,3	8,60	-0,31
	дискування (10–12 см)	88,3	6,54	-2,37
НІР ₀₅	для урожайності, т/га	фактор А – 0,11–0,16, фактор В – 0,10–0,14, фактор АВ – 0,19–0,28		

При застосуванні в якості основного обробітку глибокого рихлення ситуація

дещо змінилась, а кількість качанів зі 100 рослин знизилася на 1–2 шт. качанів до 99,3–100,7 шт. На даному фоні основного обробітку ґрунту кращі результати належать гібридам Адевей та ЛГ 31330 – 100,7 шт. схожий результат мав гібрид ЛГ 31272 – 100,3 шт. Єдиний гібрид, у якого за глибокого рихлення було сформовано менше 100 качанів на 100 рослинах був ЛГ 31377.

За мілкого дискового основного обробітку ґрунту встановлені найнижчі результати. Далеко не всі рослини змогли утворити качан, що говорить про порівняно гірші умови їх росту та розвитку. Як і раніше, найменший результат отримано у гібрида ЛГ 31377 – лише 88,3 качанів. Кращим виявився ЛГ 31272 – 92,7 шт., а гібриди Адевей та ЛГ 31330 продемонстрували середній результат 92,0 та 90,0 шт. відповідно.

Не менш важливим показником є передзбиральна вологість зерна, яка дає змогу встановити, чи буде потребувати зібраний урожай додаткових фінансових затрат на доведення зерна до кондиції за вмістом вологи. Визначення вологості зерна перед збиранням не дозволило визначити чіткої тенденції її залежності від обробітку ґрунту. Так, за оранки вологість зібраного насіння становила 17,6–18,8%, а за рихлення 17,4–18,7%, тобто результати були надзвичайно близькими. Дещо меншим показник вологості зерна був у рослин, що вирощувалися після мілкого дискового обробітку ґрунту 17,6–16,3%. Серед гібридів більша вологість зібраного зерна 17,6–18,8% була у гібрида Адевей, що зумовлено його генетичними особливостями. Найменшою передзбиральна вологість була у гібрида ЛГ 31330 – 16,3–17,6%. Середні показники, доволі близькі за значенням, були отримані у гібридів ЛГ 31272 та ЛГ 31377 – 17,3–18,2%.

Урожайність є одним із головних показників при визначенні впливу способу основного обробітку ґрунту на продуктивність рослин кукурудзи. На основі трьох років спостережень за урожайністю гібридів на різних фонах основного обробітку ґрунту можна помітити, що у всіх гібридів вона була вищою при оранці. Найвищий результат 8,91 т/га було отримано при вирощуванні гібриду ЛГ 31377. Заміна оранки на безполіцевий обробіток ґрунту призводило до не суттєвого зменшення продуктивності, яке у середньоранніх гібридів ЛГ 31272 та Адевей становило 1,7 та 1,9 %, а у середньостиглих гібридів ЛГ 31330 та ЛГ 31377 призвело до невеликого, але суттєвого зменшення на 3,5%. Натомість недоліком вирощування кукурудзи після мілкого дискового обробітку ґрунту стало отримання урожайності на рівні 6,54–7,04 т/га, тобто порівняно до оранки було недоотримано 15,5–24,0% врожаю у досліджуваних гібридів.

Висновки та перспективи подальших досліджень. У результаті проведених досліджень встановлено, що попередники та система основного обробітку ґрунту мають визначальний вплив на формування агрофізичних властивостей ґрунту та продуктивність кукурудзи на зерно в умовах Північного Степу України.

Доведено, що щільність і твердість ґрунту закономірно зростають із глибиною профілю, а їх рівень значною мірою залежить від інтенсивності обробітку ґрунту. Найсприятливіші агрофізичні умови формуються за полицевої оранки та глибокого рихлення, тоді як мінімізація обробітку (мілке дискування, пряма сівба) призводить до ущільнення орного шару на 0,05–0,10 г/см³ і підвищення твердості на 3,5–9,2 кг/см².

Встановлено, що соя як попередник забезпечує найкращий фізичний стан ґрунту та найвищу врожайність кукурудзи (6,56–7,15 т/га), тоді як найгірші умови формуються після соняшнику. Виявлено тісні зворотні кореляційні зв'язки між щільністю і твердістю ґрунту та основними показниками росту і продуктивності рослин ($r = -0,71 \dots -0,91$), що підтверджує визначальну роль агрофізичних параметрів у формуванні врожаю.

Підтверджено, що зменшення інтенсивності обробітку ґрунту супроводжується зниженням урожайності кукурудзи: при мілкому обробітку – на 0,31–0,47 т/га, при прямій сівбі – на 0,59–2,55 т/га залежно від попередника. У дослідженнях 2020–2022 рр.

встановлено, що глибоке рихлення може бути ефективною альтернативою оранці, забезпечуючи близький рівень урожайності (зниження лише на 1,7–3,5%), тоді як мілкий обробіток зумовлює суттєвий недобір урожаю (15,5–24,0%).

Отже, оптимізація сівозміни з включенням сої та застосування глибокого обробітку ґрунту є ключовими чинниками формування сприятливого агрофізичного стану ґрунту і забезпечення високої продуктивності кукурудзи.

Перспективи подальших досліджень полягають у поглибленому вивченні взаємодії сучасних гібридів кукурудзи з різними системами обробітку ґрунту за умов змін клімату, а також у дослідженні довготривалого впливу мінімалізації обробітку на структурно-агрегатний стан ґрунту, його біологічну активність і вуглецевий баланс. Особливо актуальним є обґрунтування ефективності поєднання мінімальних технологій обробітку з органо-мінеральними системами удобрення та біологізацією землеробства для підвищення стійкості агроєкосистем і збереження родючості ґрунтів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Центи́ло Л. В., Цюк О. А. Динаміка змін твердості ґрунту залежно від його основного обробітку. *Вісник ПДАА*. 2019. № 1. С. 147–153. DOI: 10.31210/visnyk2019.01.16
2. Andersen, M.N., Munkholm, L.J., Nielsen, A.L. Soil compaction limits root development, radiation-use efficiency and yield of three winter wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *Acta Agricultural Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science*. 2013. Vol. 63(5). P. 409–419. DOI: 10.1080/09064710.2013.789125
3. Heinen M., Schneider H.M., Shan K., Bakker G., Bakema G. The effect of a compacted subsoil layer on the development of the maize root system. *Soil and Tillage Research*. 2025. Vol. 254. Article 106763. DOI: 10.1016/j.still.2025.106763.
4. Циліурік О.І., Судак В.М., Шапка В. П. Продуктивність короткоротаційної сівозміни залежно від системи обробітку ґрунту на фоні суцільного мульчування післяжнивними рештками. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2015. № 8. С. 66–72
5. Chen S., Chen Z., Zhang X., Luo Z., Schillaci C., Arrouays D., Richer-de-Forges A.C., Shi Z. European topsoil bulk density and organic carbon stock database (0–20 cm) using machine-learning-based pedotransfer function. *Earth Syst. Sci.* 2024. № 16. P. 2367–2383. DOI: 10.5194/essd-16-2367-2024.
6. Roşian G., Bălc R., Moga R., Şfabu Ş., Osiescu T., Horvath C., Dicu T. Soil quality dynamics across a landslide profile from intact slopes to displaced material and bedrock. *EGU sphere* [preprint]. 2026. DOI: 10.5194/egusphere-2025-6303.
7. Panagos P., De Rosa D., Liakos L., Labouyrie M., Borrelli P., Ballabio C. Soil bulk density assessment in Europe. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2024. Vol. 364. Article 108907. DOI: 10.1016/J.AGEE.2024.108907.
8. Zheng H., Li R., Sui P., Wang H., Ren Y., Yuan Y., Tian S., Zhou S., Liu W., Luo Y., et al. Potential mechanism of optimal tillage layer structure for improving maize yield and enhancing root growth in northeast China. *Land*. 2023. №12. Article 1798. DOI: 10.3390/LAND12091798
9. Peng Z., Yang H., Li Q., Cao H., Ma J., Ma S., Qiao Y., Jin J., Ren P., Song Z., et al. Tillage practices affected yield and water use efficiency of maize (*Zea mays*) by regulating soil moisture and temperature in semi-arid environment. *Water*. 2023, Vol. 15. article 3243. DOI: 10.3390/W15183243
10. Andriienko O., Vasylovskaya K., Andriienko A., Vasylovskiy O. Choosing the optimal elements of corn cultivation technology in the conditions of Ukraine. *Bulg. J. Agric. Sci.* 2024. Vol. 30(4). P. 702–711. <https://www.agrojournal.org/30/04-19.pdf>
11. Андрієнко А. Л., Семеняка І. М., Андрієнко О. О. Вихід крохмалю і біоетанолу з посівів кукурудзи залежно від попередників та основного обробітку ґрунту. *Вісник аграрної науки*. 2025. № 2 (863). С. 31–41. DOI: 10.31073/agrovisnyk202502-04
12. Hanhur V., Marenych M., Yeremko L., Shostia A., Puzyr D., Kyrlytsia A. The influence of the methods of main tillage on the yield of maize hybrids in the conditions of the Left Bank Forest Steppe. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. №26(4), P. 19–23. DOI: 10.31210/spi2023.26.04.04

13. Трембіцька О., Столяр С., Рибак І., Тетера С. Вплив технологій вирощування та способів догляду за посівами на урожайність кукурудзи. *ПІЗТ*. 2024. Vol. 76(1). P. 69-80. DOI: 10.32636/01308521.2024-(76)-1-7.
14. Долошко М. О., Іванюк М. Ф. Вплив обробітку ґрунту на забур'яненість кукурудзи в Правобережному Лісостепу України. Тенденції та виклики аграрної науки в умовах війни: теорія і практика : матеріали V міжнар. наук.-практ. онлайн-конф., присвяч. 125-річчю каф. рослинництва НУБіП України (Київ, 25–27 жовт. 2023 р.). Київ : НУБіП України, 2023. С. 106–107. URL: <https://dglb.nubip.edu.ua/handle/123456789/5741>
15. Шевченко М. С., Мищик О. О., Шевченко С. М. та ін. Фактори землеробства та регулювання ростової реакції сільськогосподарських рослин. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2025. № 1. С. 35–41. DOI: 10.32782/2310-0478-2025-1-35-41
16. Гангур В. В., Руденко В. В. Вплив способів основного обробітку ґрунту на продуктивність гібридів кукурудзи в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. Т. 27. № 1. С. 36–40. DOI: 10.31210/spi2024.27.01.06.
17. Доля С.М., Шевченко М.В. The influence of tillage methods on the cellulose-lignic activity of typical chernozem in the conditions of the left-bank Forest-Steppe of Ukraine. *Agriculture and Plant Sciences: Theory and Practice*. 2024. DOI: 10.54651/agri.2024.03.06.
18. Пащенко Ю.М. Адаптивні і ресурсозбережні технології вирощування гібридів кукурудзи : [Моногр.] / Ю.М. Пащенко, В.М. Борисов, О.Ю. Шишкіна. Д.: АРТ-ПРЕС, 2009. 224 с.
19. Pittelkow, C., Liang, X., Linquist, B. *et al.* Productivity limits and potentials of the principles of conservation agriculture. *Nature*. 2015. Vol. 517. P. 365–368. DOI: 10.1038/nature13809
20. Лень О.О., Тоцький В. М., Гангур В. В., Єремко Л. С. Вплив системи удобрення та основного обробітку ґрунту на продуктивність гібридів кукурудзи. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. № 2. С. 52–58. DOI: 10.31210/visnyk2021.02.06.
21. Pearsons, K.A.; Omondi, E.C.; Heins, B.J.; Zinati, G.; Smith, A.; Rui, Y. Reducing Tillage Affects Long-Term Yields but Not Grain Quality of Maize, Soybeans, Oats, and Wheat Produced in Three Contrasting Farming Systems. *Sustainability*. 2022. Vol. 14. P. 631. DOI: 10.3390/su14020631
22. Sleiderink J., Deru J.G.C., van der Weide R., van Eekeren N. Effects of reduced tillage and prolonged cover cropping in maize on soil quality and yield. *Soil and Tillage Research*. 2024. Vol. 244. article 106196. DOI: 10.1016/j.still.2024.106196.
23. Tsyliuryk, A. I., Kozechko, V. I. Effect of mulching tillage and fertilization on maize growth and development in Ukrainian Steppe. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2017. Vol 7 (3). 50–55.
24. Циліорик О. І. Ефективність мінімального обробітку ґрунту під кукурудзу в умовах Північного Степу України. *Вісник Дніпровського державного аграрно-економічного університету. Сільськогосподарська екологія. Рослинництво. Землеробство. Селекція*. 2016. № 2(40). С. 5–9. URL: <https://dspace.dsau.dp.ua/handle/123456789/368>
25. Примак І.Д., Войтовик М.В., Єзерковська Л.В., Караульна В.М., Панченко О.Б., Ображій С.В. Порівняльна оцінка забур'яненості агрофітоценозів за різних систем основного обробітку й удобрення чорнозему типового в сівозміні. «Агробіологія». 2024. № 2. С. 154–165. DOI: 10.33245/2310-9270-2024-191-2-154-16.
26. Bezvershuck I. Influence of agrotechnological factors on the rate of development and progression of phenological phases in maize (*Zea mays* L.). *Scientific Horizons*. 2025. Vol. 28(12). P. 18-30. DOI: 10.48077/scihor12.2025.18

Дата першого надходження статті до видання: 02.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 633.111.1: 631.524.84: 631.526.32: 631.8
DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.1.7>

ВПЛИВ МІКРОДОБРИВ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ СОРТІВ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ (*TRITICUM AESTIVUM* L.)

Баган А.В. – к.с.-г.н., доцент,
доцент кафедри селекції, насінництва і генетики,
Полтавський державний аграрний університет
orcid.org/0000-0001-8851-5081

Гурба В.С. – здобувач ступеня вищої освіти
доктор філософії доцент кафедри селекції, насінництва і генетики,
Полтавський державний аграрний університет
orcid.org/0009-0004-2616-3948

Головною задачею проведених досліджень в умовах Полтавської області було вивчення закономірностей впливу мікродобрих на біометричні показники колоса, елементи продуктивності та рівень урожайності сортів пшениці м'якої озимої залежно від позакореневого підживлення. У польових умовах було закладено двофакторний дослід із вивчення показників насінневої продуктивності пшениці м'якої озимої у чотириразовій повторності. Матеріалом для досліджень були три сорти пшениці м'якої озимої української селекції: Відрада, Запашна, Полтавчанка. Дослідження проводили за такою схемою: 1 – варіант без обробки (контроль); 2 – варіант позакореневого підживлення мікродобривом Найс Зернові у фазі кушення; 3 – варіант позакореневого підживлення мікродобривом Найс Зернові у фазі виходу у трубку; 4 – варіант позакореневого підживлення мікродобривом Найс Зернові у фазі кушення + вихід у трубку.

Досліджували наступні показники – довжину колоса (см), кількість колосків у колосі (шт.), кількість зерен у колосі (шт.), масу колоса (г), масу зерна з колоса (г), масу 1000 зерен (г), урожайність (т/га).

За результатами досліджень виділено варіант комплексної обробки мікродобривом Найс Зернові у фазі кушення + вихід у трубку. Встановлено вплив препарату Найс Зернові на підвищення біометричних показників колоса, збільшення елементів продуктивності та рівня урожайності пшениці м'якої озимої. Вивчено прояв досліджуваних ознак за варіантами досліду. Визначено реакцію сортів на позакореневе підживлення даним мікродобривом. За комплексного підживлення рослин пшениці м'якої озимої препаратом Найс Зернові виділено сорт Полтавчанка за проявом досліджуваних ознак: довжиною колоса (11,1 см), кількістю колосків у колосі (22,0 шт.), кількістю зерен у колосі (45,0 шт.), масою колоса (2,7 г), масою зерна з колоса (2,0 г), масою 1000 зерен (44,4 г), урожайністю (5,80 т/га).

Ключові слова: варіант обробки, позакореневе підживлення, біометричні показники колоса, елементи продуктивності, урожайність.

Bahan A.V., Hurba V.S. The influence of microfertilizers on the productivity of soft winter wheat varieties (*Triticum aestivum* L.)

The main task of the research conducted in the conditions of the Poltava region was to study the patterns of the influence of microfertilizers on the biometric indicators of the ear, productivity elements and the level of yield of soft winter wheat varieties depending on the use of foliar fertilization. In field conditions, a two-factor experiment was set up to study the indicators of seed productivity of soft winter wheat in four replications. The material for the research was three varieties of soft winter wheat of Ukrainian selection: Otrada, Zapashna, Poltavchanka. The research was carried out according to the following scheme: 1 – no treatment option (control); 2 – foliar fertilization option with Nays Zernovy microfertilizer in the tillering phase; 3 – foliar fertilization option with Nays Zernovy microfertilizer in the tube exit phase; 4 – variant of foliar feeding with Nice Grain microfertilizer in the tillering phase + tube exit.



© Баган А.В., Гурба В.С., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

The following indicators were studied – ear length (cm), number of spikelets in the ear (pcs.), number of grains in the ear (pcs.), ear mass (g), grain mass per ear (g), weight of 1000 grains (g), yield (t ha⁻¹).

According to the results of the studies, a variant of complex treatment with Nice Grain microfertilizer in the tillering phase + tube exit was selected. The effect of the Nice Grain preparation on increasing the biometric indicators of the ear, increasing the productivity elements and yield level of soft winter wheat was established. The manifestation of the studied traits was studied according to the experiment variants. The reaction of varieties to foliar feeding with this microfertilizer was determined. During the complex feeding of soft winter wheat plants with the preparation Nice Grain, the Poltavchanka variety was selected based on the manifestation of the studied characteristics: ear length (11.1 cm), number of spikelets in the ear (22.0 pcs), number of grains in the ear (45.0 pcs), ear weight (2.7 g), grain weight per ear (2.0 g), weight of 1000 grains (44.4 g), yield (5.80 t ha⁻¹).

Key words: *treatment option, foliar feeding, biometric indicators of the ear, productivity elements, yield.*

Актуальність теми дослідження. Для галузі рослинництва актуальним залишається завдання виробництва високоякісної сільськогосподарської продукції. Розроблення адаптованих ресурсозберігаючих технологій вирощування пшениці м'якої озимої для конкретних ґрунтово-кліматичних зон, застосовуючи сучасні комплексні добрива та засоби захисту рослин, дають можливість реалізовувати генетичні особливості сортів.

Тому одним із головних елементів сучасної технології вирощування сільськогосподарських культур, зокрема пшениці озимої, є використання мікродобрив для збільшення продуктивного потенціалу та поліпшення якості продукції. Важливим у технологіях вирощування є використання мікроелементів, які підвищують активність ферментів, беруть участь в окисно-відновлювальних реакціях, обміні білків та регуляції водного режиму рослин [1, 5, 9, 12].

За результатами досліджень вчених, ефективність використання мікродобрив вказує на підвищення рівня урожайності на 15-20 % за умов інтенсивного ведення землеробства.

Постановка проблеми. Підвищення виробництва високоякісної зернової продукції є однією із важливих завдань аграрного сектору. Головною зерновою культурою залишається пшениця м'яка озима, яка має 45 % валових зборів зерна в Україні [4, 7].

На даний час потенційні можливості сортів пшениці складають 10-15 т/га, коли середній рівень урожайності варіює в межах 4-5 т/га, а зерно має відносно низьку якість [13, 19].

Важливою умовою отримання високих врожаїв зерна пшениці м'якої озимої є оптимальне живлення рослин. Так, для нормального росту і розвитку рослини потребують не лише макроелементи (азот, фосфор і калій), а й склад мікроелементів для проходження важливих процесів життєдіяльності та поліпшення процесу засвоєння поживних елементів із ґрунту [11].

Пшениця озима є досить чутливою до використання мікроелементів, зокрема міді і марганцю, які мають значний вплив на процеси фотосинтезу, дихання, синтез білків, утворення хлорофілу тощо. Нестача даних елементів відчутна у посівах культури у фазі куціння та виходу рослин у трубку.

Кращим способом забезпечення рослин пшениці м'якої озимої необхідними мікроелементами є відповідно позакореневе підживлення [10, 15, 17].

Тому ширшого використання набуває застосування у рослинництві нових високоєфективних добрив для позакореневого підживлення. Це, в свою чергу, сприяє

оптимізації фізіологічних процесів у рослинах пшениці з метою підвищення продуктивності та поліпшення якості продукції.

Наразі науковцями розроблено ряд препаратів, які мають значний вплив на ріст і розвиток рослин, їх стійкість до стресових умов на різних фонах удобрення [14, 18, 19].

Застосування позакоренових підживлень є ефективним способом удобрення сільськогосподарських культур, зокрема і пшениці, що забезпечує доступність поживних речовин та їх засвоєння із ґрунту [2, 3, 8, 16].

Отже, актуальності набуває використання мікродобрив у сучасних технологіях вирощування сільськогосподарських культур шляхом позакоренового підживлення з метою збільшення продуктивного потенціалу даної культури.

Методика досліджень. Мета досліджень полягала у вивченні впливу мікродобрива Найс Зернові на показники насіннєвої продуктивності сортів пшениці м'якої озимої.

Дослідження проводили в умовах Полтавської області протягом 2023-2025 рр. Об'єкт досліджень – три сорти пшениці м'якої озимої вітчизняного походження: Відрада, Запашна, Полтавчанка. Облікова площа ділянки складала 10 м². Повторність – чотириразова. Попередник – горох.

Схема досліду включала такі варіанти: без обробки (контроль); позакоренове підживлення мікродобривом Найс Зернові у фазі кушення; позакоренове підживлення мікродобривом Найс Зернові у фазі виходу у трубку; позакоренове підживлення мікродобривом Найс Зернові у фазі кушення + вихід у трубку.

Варіанти досліду вивчали за наступними показниками: довжина колоса (см), кількість колосків у колосі (шт.), кількість зерен у колосі (шт.), маса колоса (г), маса зерна з колоса (г), маса 1000 зерен (г), урожайність (у перерахунку т/га).

Польові і лабораторні дослідження проводили згідно загальноприйнятих методик, статистичну обробку даних урожайності визначали методом дисперсійного аналізу за допомогою програми Статистика 12,0 [6].

Результати досліджень. За результатами експериментальних досліджень за всіма варіантами досліду можна виділити варіант: позакоренового підживлення мікродобривом Найс Зернові у фазі кушення + вихід у трубку.

Так, використання даного мікродобрива мало позитивний вплив на біометричні показники колоса пшениці м'якої озимої. Показник довжини колоса у рослин пшениці м'якої озимої збільшувався залежно від варіанту обробки мікродобривом Найс Зернові та сортових властивостей. Даний показник варіював за варіантами досліду у сортів пшениці м'якої озимої за середніми даними у межах 8,6-11,1 см (табл. 1).

Показник кількості колосків у колосі залежно від сорту пшениці м'якої озимої за варіантами обробки відповідно становив 18,5-22,0 шт.

Показник озерненості колоса пшениці м'якої озимої варіював за варіантами досліду аналогічно попереднім ознакам і за середніми даними знаходився у межах 37,8-45,0 зерен.

Залежно від застосування мікродобрива Найс Зернові показник маси колоса у сортів пшениці м'якої озимої за середнім значенням відповідно складав: сорт Відрада – 1,7-2,4 г, сорт Запашна – 1,9-2,6 г, сорт Полтавчанка – 2,0-2,7 г (табл. 2).

Показник маси зерна з колоса залежно від варіанту обробки та сортименту пшениці м'якої озимої відповідно варіював: сорт Відрада – 1,0-1,7 г, сорт Запашна – 1,3-1,8 г, сорт Полтавчанка – 1,4-2,0 г.

За варіантами досліду сорти пшениці м'якої озимої характеризувалися крупним і виповненим зерном за показником маси 1000 зерен і відповідно складали: сорт Відрада – 38,2-41,3 г, сорт Запашна – 40,0-43,1 г, сорт Полтавчанка – 41,0-44,4 г.

Таблиця 1
Біометричні показники колоса пшениці м'якої озимої (середнє за 2023-2025 рр.)

Сорт	Варіант обробки	Довжина колоса, см	Кількість колосків у колосі, шт.	Кількість зерен у колосі, шт.
Відрада	1	8,6	18,5	37,8
	2	9,0	19,2	39,2
	3	9,2	19,6	39,8
	4	9,8	20,4	41,0
Запашна	1	9,3	19,5	39,0
	2	9,7	20,1	40,1
	3	9,9	20,6	40,8
	4	10,6	21,3	42,4
Полтавчанка	1	9,8	20,2	42,0
	2	10,2	20,6	43,0
	3	10,4	21,3	43,6
	4	11,1	22,0	45,0

Примітка: 1 – варіант без обробки (контроль); 2 – варіант позакореневого підживлення мікродобривом Найс Зернові у фазі кушення; 3 – варіант позакореневого підживлення мікродобривом Найс Зернові у фазі виходу у трубку; 4 – варіант позакореневого підживлення мікродобривом Найс Зернові у фазі кушення + вихід у трубку.

Таблиця 2
Елементи продуктивності пшениці м'якої озимої (середнє за 2023-2025 рр.)

Сорт	Варіант обробки	Маса колоса, г	Маса зерна з колоса, г	Маса 1000 зерен, г
Відрада	1	1,7	1,0	38,2
	2	2,0	1,3	39,5
	3	2,2	1,4	40,1
	4	2,4	1,7	41,3
Запашна	1	1,9	1,3	40,0
	2	2,2	1,5	41,1
	3	2,4	1,6	41,7
	4	2,6	1,8	43,1
Полтавчанка	1	2,0	1,4	41,0
	2	2,3	1,7	42,3
	3	2,5	1,8	43,1
	4	2,7	2,0	44,4

Примітка: 1 – варіант без обробки (контроль); 2 – варіант позакореневого підживлення мікродобривом Найс Зернові у фазі кушення; 3 – варіант позакореневого підживлення мікродобривом Найс Зернові у фазі виходу у трубку; 4 – варіант позакореневого підживлення мікродобривом Найс Зернові у фазі кушення + вихід у трубку.

За роки досліджень урожайність пшениці м'якої озимої варіювала таким чином: 2023 рік – 5,11-6,52 т/га; 2024 рік – 4,12-5,17 т/га; 2025 рік – 4,86-5,72 т/га.

У 2023 році даний показник у досліджуваних сортів за варіантами досліду відповідно становив: сорт Відрада – 5,11-5,78 т/га, сорт Запашна – 5,59-6,30 т/га, сорт Полтавчанка – 5,83-6,52 т/га.

За фактором А (сорт) урожайність сорту Полтавчанка за всіма варіантами застосування мікродобрива Найс Зернові істотно перевищувала сорт Відрада ($НІР_{05}=0,48$ т/га).

За фактором В (обробка) за досліджуваним показником варіант комплексної обробки мікродобривом Найс Зернові суттєво перевищував інші варіанти обробки за всіма сортами пшениці м'якої озимої ($НІР_{05}=0,23$ т/га) (табл. 3).

Таблиця 3

Урожайність пшениці м'якої озимої, т/га

Сорт	Варіант обробки	Роки			
		2023	2024	2025	середня
Відрада	1	5,11	4,12	4,86	4,70
	2	5,32	4,33	5,03	4,89
	3	5,40	4,45	5,10	4,98
	4	5,78	4,74	5,30	5,27
Запашна	1	5,59	4,36	5,11	5,02
	2	5,81	4,55	5,27	5,21
	3	5,91	4,69	5,33	5,31
	4	6,30	4,96	5,54	5,60
Полтавчанка	1	5,83	4,55	5,27	5,22
	2	6,07	4,74	5,43	5,41
	3	6,18	4,86	5,51	5,52
	4	6,52	5,17	5,72	5,80
Середнє		5,82	4,63	5,29	
НІР ₀₅ фактор (А)		0,48	0,32	0,39	
НІР ₀₅ фактор (В)		0,23	0,17	0,20	
НІР ₀₅ фактор (АВ)		0,51	0,35	0,42	

Примітка: 1 – варіант без обробки (контроль); 2 – варіант позакореневого підживлення мікродобривом Найс Зернові у фазі кушення; 3 – варіант позакореневого підживлення мікродобривом Найс Зернові у фазі виходу у трубку; 4 – варіант позакореневого підживлення мікродобривом Найс Зернові у фазі кушення + вихід у трубку.

У 2024 році показник урожайності у досліджуваних сортів за варіантами дослідів відповідно складав: сорт Відрада – 4,12-4,74 т/га, сорт Запашна – 4,36-4,96 т/га, сорт Полтавчанка – 4,55-5,17 т/га.

За фактором сорт урожайність сорту Полтавчанка за всіма варіантами застосування даного мікродобрива істотно перевищувала сорт Відрада ($НІР_{05}=0,32$ т/га).

За фактором варіанту обробки за досліджуваним показником варіант комплексної обробки даним мікродобривом суттєво перевищував інші варіанти обробки за всіма сортами пшениці м'якої озимої ($НІР_{05}=0,17$ т/га)

У 2025 році даний показник у досліджуваних сортів за варіантами дослідів відповідно становив: сорт Відрада – 4,86-5,30 т/га, сорт Запашна – 5,11-5,54 т/га, сорт Полтавчанка – 5,27-5,72 т/га.

За фактором А (сорт) урожайність сорту Полтавчанка за всіма варіантами застосування мікродобрива Найс Зернові істотно перевищувала сорт Відрада ($НІР_{05}=0,39$ т/га).

За фактором В (обробка) за досліджуваним показником варіант комплексної обробки мікродобривом Найс Зернові суттєво перевищував інші варіанти обробки за всіма сортами пшениці м'якої озимої ($НІР_{05}=0,20$ т/га)

За середнім значенням показника урожайності сорти пшениці м'якої озимої відповідно варіювали у межах: сорт Відрада – 4,70-5,27 т/га, сорт Запашна – 5,02-5,60 т/га, сорт Полтавчанка – 5,22-5,80 т/га.

Висновки та перспективи подальших досліджень. За результатами досліджень було встановлено, що за біометричними показниками колоса, елементами продуктивності та рівнем урожайності пшениці м'якої озимої виділено варіант комплексної обробки мікродобривом Найс Зернові у фазі кущення + вихід у трубку, що мав найбільший ефект.

За рівнем формування біометричних показників колоса (довжина, кількість колосків та зерен у колосі), елементами продуктивності (маса колоса, маса зерна з колоса, маса 1000 зерен) та рівнем урожайності можна виділити сорт пшениці м'якої озимої полтавської селекції Полтавчанка.

Тому рекомендовано використання для вирощування пшениці м'якої озимої позакореневе підживлення рослин мікродобривом Найс Зернові.

Перспективою подальших досліджень є вивчення ефективності впливу досліджуваного мікродобрива на показники якості зерна пшениці м'якої озимої.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Баган А.В., Улізько В.М. Вплив позакореневого підживлення на урожайність середньостиглих гібридів кукурудзи (*Zea mays L.*). *Таврійський науковий вісник*. 2024. №140. С. 13-19.
2. Булигін С.Ю. та ін. Мікроелементи в сільському господарстві. 3-тє вид. доп. Дніпропетровськ : Січ, 2007. 100 с.
3. Гангур В.В., Кочерга А.А., Пипко О.С., Лень О.І. Ефективність мікродобрив за умови обробки насіння та листового підживлення посівів пшениці озимої *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. № 2. С. 46–51.
4. Голик Л.М. Новий зимостійкий сорт пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum*) Волошкава. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2007. № 6. С. 5–11.
5. Дубовик Д.Ю., Сіроштан А.А., Ільченко Л.І., Олефіренко Б.А. Ефективність сумісного застосування мікродобрив та засобів захисту рослин на посівах пшениці м'якої озимої. *Миронівський вісник*. Вип. 3, 2016. С. 170-178.
6. Єщенко В.О., Копитко П.Г., Опришко В.П., Костогрив П.В. Основи наукових досліджень в агрономії. К.: Дія, 2005. 288 с.
7. Коломієць Л.А. Формування адаптивних ознак між сортовими гібридами озимої пшениці. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2007. № 6. С. 26–34.
8. Коткова Т.М., Довбиш Л.Л. Вплив позакореневого (фоліарного) підживлення рослин пшениці озимої на урожай і якість зерна. *Український журнал природничих наук*. 2023. №3. С. 177-185.
9. Кочмарський В.С., Кавунець В.П., Сіроштан А.А. та ін. Позакореневе підживлення. *Насінництво*. 2014. № 5. С. 5-7.
10. Кудря С.І., Георгия Я.І. Сумісна дія попередників і мікродобрив на продуктивність пшениці озимої в лівобережному Лісостепу України. *Бюлетень Інституту зернового господарства*. 2010. Вип. 39. С. 113–115.
11. Майданюк В.В. Урожайність та якість пшениці озимої у Північному Лісостепу залежно від технології вирощування. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. 2011. Вип. 1–2. С. 103–108.
12. Михайлов Ю. Чи потрібно застосовувати мікродобрива і які? *Пропозиція*. 2008. № 1. С. 72-73.
13. Моргун В.В., Санін Є.Ю., Швартау В.В. Клуб 100 центнерів. Сучасні сорти та системи живлення і захисту озимої пшениці. Київ : Логос, 2014. 148 с.

14. Оничко В.І., Бердін С.І., Коваленко О.А. Ефективність застосування комплексних водорозчинних добрив на посівах пшениці озимої. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Сер. Агрономія і біологія*. 2013. Вип. 3. С. 110–114.

15. Панфілова А.В., Гамаюнова В.В. Продуктивність сортів пшениці озимої залежно від фону живлення в умовах Південного Степу України. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2018. Вип. 294. С. 129–136.

16. Радченко М.В. Продуктивність та якість зерна пшениці озимої залежно від позакореневого підживлення. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Сер. Агрономія і біологія*. 2017. Вип. 2(33). С. 52–57.

17. Санін Ю.В., Санін В.А., Санін О.Ю. Особливості позакореневого підживлення с/г культур мікроелементами. *Агроном*. 2016. № 4. С. 36–38.

18. Шакалій С.М. Якість зерна пшениці м'якої озимої за використання позакореневого підживлення в умовах лівобережного Лісостепу України. *Науковий вісник Нац. ун-ту біоресурсів і природокористування України*. 2017. № 1. С. 76–84.

19. Ямковий В.Ю., Буняк О.І., Яшук Н.О. Продуктивність та якість зерна пшениці озимої залежно від позакореневого підживлення в лівобережному Лісостепу України. *Аграрні інновації*. № 5. 2021. С. 101–107.

Дата першого надходження статті до видання: 03.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 633.11:631:527

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.1.8>

УСПАДКУВАННЯ КІЛЬКІСНИХ ОЗНАК І ЕФЕКТИВНІСТЬ ДОБОРУ ЦІННИХ МОРФОБІОТИПІВ У ГІБРИДІВ ЗАЛЕЖНО ВІД КОМБІНАЦІЙНОЇ ЗДАТНОСТІ СОРТІВ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ

Базалій В.В. – д.сільськогосподарських наук,
професор кафедри рослинництва та агроінженерії,
Херсонський державний аграрно-економічний університет
orcid.org/0000-0002-0581-7242

Ларченко О.В. – к.с.-г.н., доцент кафедри менеджменту, маркетингу
та інформаційних технологій,
Херсонський державний аграрно-економічний університет
orcid.org/0000-0001-7857-0802

У сучасній генетиці та селекції рослин особлива увага приділяється вивченню природи мінливості кількісних ознак, оскільки саме вони визначають адаптивний потенціал та продуктивність нових сортів і гібридів. Серед розмаїття статистичних інструментів, що дозволяють детермінувати внесок спадковості у формування фенотипу, центральне місце посідають показники успадкованості в широкому (H^2) та вузькому (h^2) розумінні. Дані параметри є ключовими для розуміння частки генотипової дисперсії в загальній фенотиповій мінливості популяції.

Згідно з результатами проведених досліджень, було встановлено, що за всіма аналізованими кількісними ознаками спостерігається суттєвий градієнт між значеннями H^2 та h^2 . Коефіцієнт успадкованості в широкому розумінні (H^2) відображає сукупний внесок усіх генетичних чинників, включаючи адитивні, домінантні та епістатичні взаємодії генів. Високі значення цього показника, зафіксовані протягом різних років випробувань, свідчать про те, що фенотипова варіабельність досліджуваних зразків значною мірою зумовлена саме спадковими факторами, а не випадковими модифікаційними впливами зовнішнього середовища. Це підтверджує високу генетичну детермінацію ознак, що є важливою передумовою для успішної селекційної роботи.

Однак критично важливим для прогнозування ефективності добору є коефіцієнт успадкованості у вузькому розумінні (h^2), який базується виключно на адитивній частині генетичної дисперсії. У ході аналізу було виявлено, що показник h^2 суттєво поступається за рівнем H^2 . Така значна різниця між двома параметрами вказує на домінуючу роль неадитивних ефектів (переважно домінування та над домінування) у контролі досліджуваних властивостей.

З практичного погляду це означає, що безпосередній добір на збільшення параметрів ознак у ранніх гібридних поколіннях (F_1 - F_2) не завжди забезпечуватиме бажаний результат. Оскільки значна частина фенотипової переваги зумовлена гетерозисним ефектом або домінантними взаємодіями, у наступних поколіннях відбуватиметься розщеплення, що призведе до втрати цінних якостей у нащадків.

У зв'язку з викладеним, стратегія селекційного поліпшення озимої пшениці за кількісними ознаками повинна базуватися на відтермінуванні інтенсивного добору. Найбільш раціональним є проведення селекції у більш пізніх поколіннях (F_3 - F_4), де за рахунок природного зростання гомозиготності формується значно більша кількість константних морфобіотипів. Саме на цьому етапі адитивна частка спадковості стає визначальною, що дозволяє виділяти лінії зі стабільно високим проявом господарсько-цінних ознак, які будуть надійно передаватися у спадок.

Таким чином, комплексний аналіз H^2 та h^2 дозволяє не лише оцінити генетичний потенціал вихідного матеріалу, а й оптимізувати схему селекційного процесу, уникаючи



© Базалій В.В., Ларченко О.В., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

передчасного відбору нестабільних генотипів та підвищуючи ймовірність створення високопродуктивних сортів із прогнозованими властивостями.

Ключові слова: озима пшениця, гібрид, комбінаційна здатність, адитивна дисперсія, генотипова мінливість, успадковуваність у широкому і вузькому розумінні.

Bazaliy V.V., Larchenko O.V. Inheritance of quantitative traits and selection efficiency of valuable morphobiotypes in hybrids depending on the combining ability of winter wheat varieties.

In modern genetics and plant breeding, particular focus is placed on studying the nature of quantitative trait variability, as these traits determine the adaptive potential and productivity of new varieties and hybrids. Among the diverse statistical tools used to determine the hereditary contribution to phenotype formation, heritability coefficients in the broad (H^2) and narrow (h^2) sense occupy a central role. These parameters are essential for understanding the proportion of genotypic variance within the total phenotypic variability of a population.

According to the research results, a significant gradient between H^2 and h^2 values was established across all analyzed quantitative traits. The broad-sense heritability coefficient (H^2) reflects the aggregate contribution of all genetic factors, including additive, dominant, and epistatic gene interactions. The high values of this indicator, recorded across various years of testing, indicate that the phenotypic variability of the studied samples is largely determined by hereditary factors rather than random environmental modifications. This confirms a high genetic determination of traits, which is a vital prerequisite for successful breeding programs.

However, the narrow-sense heritability coefficient (h^2), based exclusively on the additive component of genetic variance, is critically important for predicting selection efficiency. The analysis revealed that h^2 is significantly lower than H^2 . This substantial divergence between the two parameters indicates a dominant role of non-additive effects (primarily dominance and over dominance) in the genetic control of the studied properties.

From a practical standpoint, this implies that direct selection for increased trait parameters in early hybrid generations (F_1 - F_2) may not always yield the desired results. Since a significant portion of the phenotypic advantage is driven by heterotic effects or dominant interactions, segregation in subsequent generations will lead to the loss of valuable qualities in the progeny.

Consequently, the strategy for the breeding improvement of winter wheat regarding quantitative traits should be based on delaying intensive selection. It is most rational to conduct selection in later generations (F_3 - F_4), where the formation of a significantly higher number of constant morphobiotypes occurs due to the natural increase in homozygosity. At this stage, the additive portion of heredity becomes decisive, allowing for the identification of lines with a stable expression of economically valuable traits that will be reliably inherited.

Thus, a comprehensive analysis of H^2 and h^2 allows not only for an evaluation of the genetic potential of the parent material but also for the optimization of the breeding process, avoiding the premature selection of unstable genotypes and increasing the likelihood of developing high-yielding varieties with predictable properties.

Key words: winter wheat, hybrid, combining ability, additive variance, genotypic variability, broad-sense and narrow-sense heritability.

Постановка проблеми. Сучасний стан аграрного виробництва в Україні характеризується активним впровадженням широкого спектра сортів озимої м'якої пшениці, адаптованих до різних природно-кліматичних зон. Попри наявності комплексу цінних господарських і біологічних характеристик, більшість існуючих сортів мають певні лімітуючі чинники, що обмежують повну реалізацію потенціалу врожайності. У зв'язку з цим, створення інноваційного селекційного матеріалу потребує глибокого вивчення закономірностей формування кількісних ознак залежно від генотипу в системі гібридизації та його пластичності до умов вирощування.

Реалізація спадкового потенціалу рослин відбувається у безперервному діалектичному зв'язку організму з екзогенними факторами. З біологічної точки зору це підтверджує неможливість автономного функціонування генотипу поза межами зовнішнього середовища, оскільки онтогенез є результатом їхньої постійної інтеграції [1].

Ефективність селекційного добору за фенотиповими показниками безпосередньо залежить від ступеня відтворення обраних морфобіотипів у наступних поколіннях. Фундаментальною умовою результативності цього процесу є переважання частки генотипової варіансії над фенотиповою [2]. Основним критерієм, що відображає співвідношення між цими компонентами мінливості, виступають коефіцієнти успадковуваності в широкому (H^2) та вузькому (h^2) розумінні. Вони дають змогу оцінити доцільність виділення цінних генотипів у випадках, коли спадкова варіабельність домінує над неспадковою.

Зокрема, показник успадковуваності в широкому розумінні (H^2) демонструє рівень автономності фенотипового вияву ознаки від мінливості факторів довкілля. Водночас коефіцієнт у вузькому розумінні (h^2) слугує індикатором генетичної гетерогенності популяцій та відображає адитивний внесок генів [3].

Численні дослідження підтверджують, що ідентифікація високопродуктивних генотипів повинна базуватися на комплексному аналізі генетичної природи кількісних ознак та інтенсивності впливу модифікаційної мінливості. Саме тому в ієрархії статистичних параметрів генетики кількісних ознак особливе місце належить коефіцієнтам H^2 та h^2 , які детермінують питому вагу генотипової компоненти в загальній структурі фенотипової дисперсії ознаки [4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У сучасній науковій літературі дискусійним залишається питання прогностичної значущості показників успадковуваності для оцінки ефективності селекційного добору. Значна кількість дослідників [1,5,6] обґрунтовує тезу, що ці параметри є фундаментальними для оптимізації та підвищення результативності селекційного процесу.

На наше переконання [1], коефіцієнти успадковуваності в широкому (H^2) та вузькому (h^2) розумінні є ключовими детермінантами генетичної структури кількісних ознак. Попри суттєву варіабельність цих показників, ієрархічний аналіз дозволяє класифікувати ознаки за рівнями успадковуваності на високу, середню та низьку категорії. До групи ознак із високим ступенем генетичної детермінації слід віднести архітектоніку рослин (зокрема їх висоту), тривалість етапів органогенезу (вегетаційний період), а також імунологічну стійкість до патогенів, таких як бура іржа та борошниста роса (H^2 у цих випадках сягає 80-90%).

Щодо структурних елементів продуктивності, то високою спадковою зумовленістю характеризується щільність колоса (середні значення H^2 становлять 76,8-77,6%). Озерненість колоса та маса зерна з однієї рослини демонструють середній рівень успадковуваності – близько 50%. Натомість мінімальний рівень успадковуваності притаманний продуктивній кущистості озимої пшениці (H^2 у межах 17,4-19,6%), що вказує на значний вплив паратипових чинників на формування цієї ознаки.

Якісні показники зернової продукції також диференціюються за коефіцієнтами успадковуваності. Найвищі значення зафіксовані для показників сили борошна ($H^2 = 67,7$ -72,7 %). Вміст сирого білка та клейковини у певних гібридних комбінаціях може сягати 60%, проте середній показник по всій сукупності досліджуваного матеріалу зазвичай не перевищує 50%.

Узагальнена характеристика параметрів успадковуваності свідчить про наявність чіткої рангової структури кількісних і якісних ознак озимої пшениці, хоча їхні абсолютні значення можуть варіювати залежно від специфіки конкретної гібридної популяції.

Більшість фахівців у галузі генетики надають перевагу коефіцієнту успадковуваності у вузькому розумінні (h^2), розрахованому через кореляційний зв'язок

у системі «батьківські форми – нащадки». Висока кореляція однойменних ознак у цій системі є прямим індикатором можливості проведення результативного добору перспективних генотипів на основі фенотипового оцінювання батьківських компонентів [7].

Постановка завдання. Програма досліджень передбачала детермінацію рівнів загальної комбінаційної здатності (ЗКЗ) колекційних сортів озимої пшениці за комплексом господарсько-цінних ознак, а також аналіз закономірностей їх успадкування у гібридних популяціях.

Об'єктом досліджень слугував сортовий матеріал різного еколого-генетичного походження, зокрема: Херсонська безоста, Асканійська, Асканійська Берегиня, Перлина, Вікторія одеська, Знахідка одеська, Кларіса та сербський генотип NS 471. Такий підбір вихідних форм дозволив забезпечити широку генетичну базу для оцінки комбінаційної цінності та пластичності ознак.

Генетико-статистичну обробку експериментальних даних та аналіз компонентів дисперсії здійснювали за схемою аналізу в системі топкросних схрещувань за П. П. Літуном і М. В. Проскурніним [8].

Закладку польових дослідів, проведення фенологічних спостережень, біометричних обліків та оцінку структури врожаю виконували відповідно до чинних методичних рекомендацій Державної служби з охорони прав на сорти рослин [9].

Виклад основного матеріалу дослідження. Ефективність селекційного процесу та ймовірність отримання цінного рекомбінантного матеріалу суттєво зростають при залученні до гібридизації батьківських форм із високим генетичним потенціалом. Оцінка загальної комбінаційної здатності (ЗКЗ) дозволяє ідентифікувати особливості генетичного контролю кількісних ознак та прогнозувати успішність створення адаптивних сортів озимої пшениці, стійких до абіотичних стресів [10].

У нашому дослідженні рівень ЗКЗ визначали як середнє відхилення параметрів ознак гібридних комбінацій за участю конкретного сорту від загального середнього показника всієї системи схрещувань у поколіннях F_1 та F_2 .

Серед досліджуваних гібридів F_1 сорт Асканійська продемонстрував високу достовірну оцінку ефектів генів за масою 1000 зерен. Водночас за висотою рослин результати були недостовірними, а за кількістю зерен у колосі фіксувався помірний позитивний ефект.

Генотипи Перлина та Кларіса характеризувалися високою достовірною ЗКЗ за висотою рослин та масою 1000 зерен. За масою зерна з колоса ці сорти мали середні показники, тоді як за довжиною колоса та кількістю зерен у ньому ефекти ЗКЗ були низькими або статистично недостовірними.

Найвищий селекційний потенціал виявив сорт Асканійська Берегиня, який домінував за ефектами ЗКЗ за всіма структурними компонентами продуктивності та висотою рослин. Сорти Вікторія одеська та Знахідка одеська продемонстрували подібну тенденцію: високу ЗКЗ за масою 1000 зерен і висотою рослин при низьких значеннях за кількістю зерен у колосі. Натомість сорт NS 471 за більшістю параметрів мав низькі оцінки комбінаційної цінності.

Дослідження гібридів F_2 підтвердили закономірності, виявлені у першому поколінні. Зокрема, у сортів Асканійська, Асканійська Берегиня, Перлина та Знахідка одеська вектори ефектів ЗКЗ за більшістю ознак залишилися стабільними.

Сорти Асканійська Берегиня та Перлина в F_2 зберегли високий рівень ЗКЗ за масою 1000 зерен, причому достовірність цих ефектів зросла порівняно з F_1 . У генотипів Вікторія одеська, Знахідка одеська та Кларіса також спостерігалася

посилення позитивного ефекту за масою 1000 зерен, тоді як інші показники залишилися на середньому рівні. Сорт NS 471 підтвердив свою низьку комбінаційну цінність і у другому поколінні.

Таким чином, у поколінні F_2 здебільшого дублюються генетичні закономірності ефектів ЗКЗ, встановлені для гібридів F_1 .

Еталонним генотипом за комплексом ознак продуктивності та архітекtonіки рослин визначено сорт Асканійська Берегиня, що свідчить про концентрацію в його генотипі найбільшої кількості позитивно діючих адитивних генів. Дещо нижчі, але стабільно високі показники виявлено у сорту Асканійська.

Перспективна група: Сорти Знахідка одеська, Вікторія одеська та Кларіса, попри середні загальні оцінки, мають специфічні блоки генів, що позитивно впливають на окремі ознаки, і можуть бути ефективно використані у цільових програмах схрещувань.

Глибоке вивчення генетичних компонентів дисперсії (табл. 1) дозволяє диференціювати вплив генотипу та середовища на формування врожайності, що є критично важливим для створення інноваційного селекційного матеріалу.

Таблиця 1

**Компоненти генетичної дисперсії кількісних ознак
у F_2 гібридів озимої пшениці**

Компоненти	Рік	Висота рослин	Продуктивна кущистість	Кількість		Маса	
				колосків у колосі	зерен у колосі	колосків у колосі	зерен у колосі
D	2023	140,08	0,82	4,74	7,90	1,72	8,92
	2024	84,20	0,15	3,09	7,60	0,86	5,44
	2025	80,11	1,14	4,03	6,71	1,12	5,88
F	2023	22,14	0,88	5,04	8,98	1,89	11,20
	2024	29,18	0,29	3,80	8,44	1,44	8,20
	2025	18,16	0,69	4,10	7,84	0,90	6,02
H_1	2023	126,40	2,19	6,06	10,62	2,44	16,21
	2024	58,10	1,70	5,81	9,68	1,68	12,62
	2025	62,11	2,05	5,10	8,44	1,96	13,21
H_2	2023	120,08	1,68	5,70	11,86	3,61	17,82
	2024	49,9	2,24	5,96	9,80	1,98	10,44
	2025	61,05	2,89	6,01	9,64	2,64	14,28
H_1/D	2023	0,90	2,67	1,27	1,34	1,82	1,92
	2024	0,69	1,34	1,89	1,26	1,95	2,32
	2025	0,78	1,80	1,26	1,28	1,75	2,25

Детальний аналіз генетичної структури популяцій дозволив встановити співвідношення між основними компонентами варіанси. Зокрема, було виявлено, що показники домінантних ефектів генів (H_1 та H_2) за більшістю ознак перевищують значення компоненти адитивних ефектів (D). Така закономірність свідчить про домінуючу роль неадитивної генетичної дії у формуванні аналізованих ознак у батьківських морфобіотипів.

Цей висновок підтверджується також аналізом компоненти F, яка відображає спрямованість домінування та частоту розподілу домінантних і рецесивних алелей у вихідних формах. Оскільки для всіх досліджуваних параметрів значення

$F > 0$, можна констатувати кількісну перевагу домінантних алелей у батьківських генотипах або, що більш імовірно, вищу результативність їхніх ефектів порівняно з рецесивними. Винятком є показник висоти рослин у поколінні F_2 , де відношення (H_1/D) виявилось меншим за одиницю, що вказує на прояв часткового домінування за цією ознакою (табл.1).

Визначення коефіцієнтів успадковуваності (H^2 та h^2) для ключових кількісних ознак у гібридів F_2 озимої пшениці має фундаментальне значення для селекційної практики. Отримані дані (табл. 2) дозволяють здійснювати стратегічно виважений та цілеспрямований добір господарсько-цінних морфобіотипів, мінімізуючи вплив паратипової мінливості та підвищуючи ймовірність закріплення бажаних ознак у наступних поколіннях.

Таблиця 2

Характер успадкування кількісних ознак у гібридів F_2 озимої пшениці

Коефіцієнт успадкування	Рік	Висота рослин	Продуктивна кущистість	Кількість		Маса	
				колосків у колосі	зерен у колосі	колосків у колосі	зерен у колосі
H^2	2023	0,86	0,68	0,88	0,82	0,80	0,81
	2024	0,76	0,68	0,86	0,72	0,79	0,64
	2025	0,86	0,59	0,88	0,79	0,72	0,75
h^2	2023	0,46	0,34	0,54	0,34	0,44	0,38
	2024	0,28	0,29	0,59	0,23	0,36	0,48
	2025	0,42	0,26	0,38	0,32	0,48	0,40

Значна дивергенція між коефіцієнтами успадковуваності H^2 та h^2 за всіма ознаками свідчить про домінуючу роль неадитивних ефектів генів (домінування та епістазу) у генотиповій мінливості озимої пшениці.

З практичного погляду це зумовлює низьку ефективність раннього добору за ознаками з домінантним типом успадкування, оскільки такі ефекти не закріплюються у нащадків через розщеплення. Відтак, селекційний відбір доцільно зміщувати на пізніші покоління, де відбувається стабілізація геномів і формування константних ліній.

Високі та стабільні значення H^2 протягом років досліджень підтверджують, що фенотипова варіабельність зумовлена переважно генетичною диференціацією, а не впливом середовища. Водночас суттєве переважає H^2 над h^2 підкреслює складну архітектоніку генетичного контролю, яку необхідно враховувати при моделюванні нових сортів.

Висновки. 1. Встановлено особливості прояву компонентів генетичної дисперсії (сумарний адитивний ефект генів D , домінантний ефект H_1 , H_2 і середній ступінь домінування H_1/D у гібридів F_2 озимої пшениці.

2. Доведено, що всі структурні ознаки продуктивності детермінуються домінантними генами. Це передбачає значний обсяг гібридного матеріалу для добору необхідних морфобіотипів гібридної популяції F_2 , тому добір за більшістю ознак необхідно проводити в більш пізніх поколіннях (F_3 - F_4).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Базалій В. В., Бойчук І. В. Агроєкологічна оцінка сортів пшениці м'якої озимої і використання їх як вихідного матеріалу в адаптивній селекції: монографія. Херсон: Грін Д. С., 2016. 176 с.

2. Чернуський В. В. Методологічні підходи до створення системних автоматизованих комплексів збору та аналізу даних у процесі добору у зв'язку з селекцією сільськогосподарських культур. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2014. Вип. 22. С. 54–61.
3. Січняк О. Л. Генетика з основами селекції рослин: навч. посіб. Одеса: Одеський НАУ ім. І. І. Мечникова, 2022. 190 с.
4. Мазур О. В., Лозинський М. В. Селекція та насінництво польових культур: навч. посіб. Вінниця: ВЦ ВНАУ, 2020. 348 с.
5. Бачан А. В., Юрченко С. О., Шакалій С. М. Мінливість потомства різних морфологічних частин колоса сортів пшениці озимої за кількісними ознаками. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2010. № 4. С. 33–35.
6. Васько Н. І. та ін. Прогнозування ефективності добору в ячменю ярого за рівнем і співвідношенням коефіцієнтів успадковуваності. *Вісник Харківського НАУ. Серія «Рослинництво, селекція і насінництво»*. 2018. Вип. 2. С. 43–53.
7. Жупина А. І. та ін. Успадкування маси зерна колоса гібридами пшениці озимої різного еколого-генетичного походження в умовах зрошення. *Аграрні інновації*. 2022. № 4. С. 152–160.
8. Литун П. П., Проскурнин Н. В. Генетика количественных признаков. Генетические скрещивания и генетический анализ. Харьков: ХГАУ им. В. В. Докучаева, 1992. 245 с.
9. Охорона прав на сорти рослин. Офіційний бюлетень / Державна комісія по сортовипробуванню та охороні сортів рослин. Київ: Алефа, 2003. Вип. 2-3. С. 5-6, 191-193.
10. Базалій В. В., Домарацький Є. О. та ін. Наукові основи селекції озимої пшениці на агроекологічну адаптивність: монографія. Миколаїв: МНАУ, 2024. 244 с.

Дата першого надходження статті до видання: 07.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 633.85:631.8:631.559(477.7)

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.1.9>

ВРОЖАЙНІСТЬ РІПАКУ ОЗИМОГО ЗАЛЕЖНО ВІД ЗАСТОСУВАННЯ БІОПРЕПАРАТІВ НА ПІВДНІ УКРАЇНИ

Балабаш В.С. – аспірант відділу первинного та елітного насінництва,
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0009-0006-4178-3242

У статті висвітлено актуальність вирощування *Brassica napus* L. за використання біопрепаратів, зокрема шляхи удосконалення елементів технології вирощування насіння культури за кліматичних трансформацій в зрошуваних та неpolивних умовах півдня України. Формування врожайності ріпаку озимого значною мірою визначається впливом абіотичних факторів середовища, зокрема нестійкого зволоження, підвищених температур та специфічних ґрунтово-кліматичних умов регіону. В зв'язку з чим важливого значення набуває застосування біологічних препаратів, здатних активізувати фізіолого-біохімічні процеси в рослинах і регулювати перебіг ростових процесів на різних етапах органогенезу культури. Застосування біологічних препаратів сприяє інтенсифікації проростання насіння, формуванню потужної кореневої системи, розвитку листкової поверхні та оптимізації проходження основних фенологічних фаз розвитку ріпаку озимого.

Тому перспективним напрямом є дослідження впливу біопрепаратів за різних строків їх внесення. Вивчення реакції рослин на застосування біологічних препаратів у різні строки дозволяє уточнити особливості формування морфологічних і фізіологічних показників культури та визначити ефективні елементи біологізації технології її вирощування в зрошуваних та неpolивних умовах півдня України.

Результати досліджень показали, що оптимальні умови для росту та розвитку ріпаку озимого сорту Чорний Велетень забезпечило внесення біопрепарату Планриз БТ у фази утворення розетки, стеблування та бутонізації за зрошення, коли середня врожайність насіння становила 2,60 т/га ($HIP_{05}B - 0,07$). У середньому за фактором А (зрошення) найвищу врожайність – 2,30 т/га – отримано в зрошуваних умовах. За фактором В (застосування біопрепарату) середня врожайність варіювала від 2,1 до 2,3 т/га, максимальна – 2,3 т/га при обробці Планриз БТ. Аналіз фактору С (строки внесення) показав, що найефективнішою була комбінація: утворення розетки + стеблування + бутонізація, коли середня врожайність насіння становила 2,1 т/га ($HIP_{05}C - 0,02$ т/га).

Ключові слова: насіння, зрошення, біологічні препарати, строки внесення, насіннева продуктивність.

Balabash V.S. Yield of rape seed (winter) depending on the use of biological products in the south of Ukraine

The article presented the relevance of growing *Brassica napus* L. using biological products, in particular, ways to improve the elements of the technology of growing seeds of the crop under climatic transformations in irrigated and non-irrigated conditions of the South of Ukraine. The formation of the yield of rape seed (winter) is largely determined by the influence of abiotic environmental factors, in particular unstable moisture, elevated temperatures and specific soil and climatic conditions of the region. In this regard, the use of biological products that can activate physiological and biochemical processes in plants and regulate the course of growth processes at different stages of crop organogenesis is of great importance. The use of biological products contributes to the intensification of seed germination, the formation of a powerful root system, the development of the leaf surface and the optimization of the main phenological phases of rape seed (winter) development.



© Балабаш В.С., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Therefore, a promising direction is the study of the impact of biological preparations at different times of their application. The study of the reaction of plants to the use of biological preparations at different times allows us to clarify the features of the formation of morphological and physiological indicators of the crop and to determine effective elements of biologization of the technology of its cultivation in irrigated and non-irrigated conditions of southern Ukraine.

The results of the studies showed that the optimal conditions for the growth and development of rape seed (winter) variety 'Chornyi veleten' were provided by the application of the biological preparation Planriz BT in the phases of rosette formation, stemming and budding under irrigation, when the average seed yield was 2.60 t/ha ($LSD_{05B} = 0.07$). On average, by factor A (irrigation), the highest yield (2.30 t/ha) was obtained under irrigated conditions. By factor B (application of biological products), the average yield varied from 2.1 to 2.3 t/ha. The maximum yield (2.3 t/ha) was obtained by treated with Planriz BT. Analysis of factor C (application time) showed that the most effective combination was: rosette formation + stemming + budding, since the average seed yield was 2.1 t/ha ($LSD_{05C} = 0.02$ t/ha).

Key words: seeds, irrigation, biological products, application time, seed productivity.

Актуальність теми дослідження. Стійкий розвиток олійної галузі є одним із ключових драйверів, що визначають майбутнє українського АПК. Ріпак озимий займає провідне місце серед олійних с.-г. культур завдяки високому потенціалу насіннєвої продуктивності. Підвищенню ефективності його вирощування сприяє формування регіональних зон концентрованого виробництва культури, що дає змогу вдосконалити технологію вирощування та оптимізувати процеси післязбиральної доробки, сушіння, зберігання і переробки насіння [1, с. 14; 2, с. 87]. За дотримання сівозміни та виконання основних агротехнічних заходів урожайність насіння ріпаку озимого в різних ґрунтово-кліматичних зонах України може досягати 3,0–3,5 т/га. Водночас у районах недостатнього та нестійкого зволоження обмежувальним чинником формування врожаю залишається дефіцит опадів, що зумовлює зниження продуктивності культури [3, с. 21; 4, с. 176].

У сучасному землеробстві зростає використання біологічних препаратів. Вони створені на основі мікроорганізмів або продуктів їхньої життєдіяльності та застосовуються для захисту рослин від хвороб і шкідників, а також для покращення живлення рослин і родючості ґрунту. На відміну від хімічних засобів, такі препарати не накопичуються в рослинній продукції та не спричиняють стійкості у шкідливих організмів [5, с. 60].

Застосування сучасних біологічних препаратів у технології вирощування є важливим чинником підвищення стійкості рослин до несприятливих умов середовища, активізації фізіолого-біохімічних та ростових процесів, покращення росту і розвитку рослин, що в підсумку сприяє формуванню високої насіннєвої продуктивності культури [6, с. 42].

Зміни кліматичних умов, удосконалення технологій вирощування та поява нових біологічно активних препаратів зумовлюють необхідність визначення оптимальних строків їх застосування в зрошуваних та неполивних умовах, а також оцінювання їх впливу на формування насіннєвої продуктивності ріпаку озимого [7, с. 18; 8, с. 10; 9, с. 164].

Тому актуальним є наукове обґрунтування використання біологічних препаратів у технології вирощування ріпаку озимого та встановлення оптимальних строків їх застосування з метою підвищення продуктивності культури за різних умов вологозабезпечення.

Постановка проблеми. Ріпак озимий є однією з найбільш економічно цінних олійних культур завдяки високому потенціалу врожайності, стабільному попиту на продукцію його переробки та широким можливостям використання у харчовій,

кормовій і біоенергетичній галузях. Ефективність вирощування культури значною мірою залежить від дотримання науково обґрунтованих елементів технології та особливостей ґрунтово-кліматичних умов регіону. Водночас у районах із недостатнім і нестійким зволоженням формування врожаю часто обмежується дефіцитом вологи, що зумовлює необхідність удосконалення технологічних прийомів вирощування. У сучасних системах землеробства все більшого значення набуває застосування біологічних препаратів, створених на основі корисних мікроорганізмів та продуктів їхньої життєдіяльності. Використання таких препаратів у посівах озимого ріпаку сприяє активізації фізіолого-біохімічних і ростових процесів у рослинах, покращенню їх росту та розвитку, підвищенню адаптивності до несприятливих факторів середовища. Крім того, біопрепарати можуть позитивно впливати на формування врожайності та якісних показників насіння [10, с. 70; 11, с. 195; 12, с. 43].

Сучасний ринок пропонує широкий спектр біопрепаратів для використання в посівах ріпаку озимого. Разом з тим наявні рекомендації не завжди враховують специфіку їх біологічної дії та особливості ґрунтово-кліматичних умов південного регіону України. Це створює потребу у проведенні наукових досліджень, спрямованих на оцінку ефективності різних груп біопрепаратів, оптимізацію режимів їх внесення та визначення взаємодії з рослиною й ґрунтовою мікрофлорою для забезпечення найкращих умов росту та розвитку рослин і отримання максимальної врожайності культури [13, с. 176; 14, с. 117; 15, с. 43].

Таким чином, дослідження щодо удосконалення системи застосування біопрепаратів у посівах ріпаку озимого є науково обґрунтованими, практично значущими та своєчасними в умовах сучасного розвитку аграрного виробництва.

Методика досліджень. Метою дослідження було встановити динаміку формування насінневої продуктивності ріпаку озимого залежно від строків внесення біопрепаратів в зрошуваних та неполивних умовах півдня України. У роботі застосовано стандартні та загально визнані методи дослідження: польовий – для спостереження за ростом та розвитком рослин ріпаку озимого, погодно-кліматичними умовами середовища та супутніми досліджуваними чинниками; візуальний – для встановлення особливостей фенологічного розвитку рослин культури; вимірювально-ваговий – для оцінки біометричних показників росту та розвитку ріпаку озимого; лабораторний – для визначення агрохімічних показників ґрунту; математично-статистичний – для статистичної обробки експериментальних даних і проведення дисперсійного аналізу з метою оцінки їх достовірності.

Дослідження проводили впродовж 2023–2025 рр. в умовах ОДСДС Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН України. Ґрунти дослідної ділянки – чорнозем. Закладання та проведення дослідів, відбір ґрунтових і рослинних зразків, підготовка їх до аналізу проводили згідно методичних вказівок [16, с. 27].

Польовий трифакторний дослід закладали методом розщеплених ділянок із рендомізованим розміщенням варіантів. Агротехніка в дослідженнях була загальноприйнятою для південного регіону України, окрім факторів, що вивчали.

Фактор А – використання зрошення; фактор В – біопрепарат; фактор С – строки внесення. Дослідження проводили в чотириразовій повторності. Посівна площа ділянок – 36 м², облікова – 20 м².

В дослідженнях випробовуємо біозасоби, вироблені в Інженерно-технологічному інституті «Біотехніка» Національної академії аграрних наук України. Виробляють біопрепарати препарату високої якості на замовлення з маткової культури.

Що дозволяє застосовувати в аграрному виробництві екологічно чистий засіб боротьби зі шкідниками та хворобами рослин. Продукція ІТІ "Біотехніка" є власною розробкою виробництва, що пройшла всі передбачені випробування і сертифікації відповідності міжнародним стандартам для органічного виробництва.

Результати досліджень. З літературних джерел та згідно результатів досліджень вітчизняних та зарубіжних науковців відомо, що оптимальні строки внесення біопрепаратів істотно впливають на формування врожайності рослин, оскільки визначають ефективність заселення кореневої системи корисними мікроорганізмами, активність біологічних процесів та стійкість рослин до стресів [17, с. 34; 18, с. 122; 19, с. 176].

В проведених дослідженнях визначали вплив строків застосування біологічних препаратів на формування насіннєвої продуктивності ріпаку озимого в зрошуваних та неполивних умовах півдня України.

Тривалість настання фаз розвитку даної олійної культури знаходиться в прямій залежності від багатьох факторів, таких як строки сівби, погодні умови, температурний режим та вологість ґрунту, а також генотипові особливості. Сівба в оптимальні строки дозволяє рослинам сформувати потужну кореневу систему та розетку з 6–12 листків, що є запорукою успішної перезимівлі [20, с. 25; 21, с. 43; 22, с. 8].

Згідно календарного плану сівбу ріпаку озимого щороку проводили на початку вересня. Обробку виконували по вегетуючим рослинам у такі фази росту та розвитку ріпаку озимого: утворення розетки, стеблування, бутонізація. Кількість опадів, що випадала за попередні місяці років проведення досліджень, була достатньою для отримання дружних сходів, які було отримано одночасно на всіх дослідних ділянках через 6–7 діб після сівби культури (табл. 1).

Застосування зрошення також подовжувало термін проходження періоду росту культури, в середньому, на 1–5 діб порівняно з неполивними варіантами. В подальшому, за проведення обробки посівів біопрепаратами в фази стеблування та бутонізації спостерігали аналогічну тенденцію – термін проходження даних фаз подовжувався за варіантами від 1 до 3 діб. Зрошення також викликало збільшення кожного з вищезазначених періодів росту 3–4 доби. Фазу цвітіння на посівах ріпаку озимого, за варіантами дослідів, було встановлено в період з 26 по 29 квітня на ділянках з природним зволоженням, а на зрошуваних варіантах – з 29 квітня по 3 травня. Вживання зрошення сприяло подовженню проходження періоду, що надало можливість рослинам сформувати в подальшому кращі структурні показники та продуктивність.

Також спостерігали подовження тривалості фази за використання біопрепаратів, а також інтенсивності їх внесення. Найдовшим проходження періоду було на зрошуваних варіантах дослідів, де проводили обробку посівів ріпаку озимого препаратами Ампеломіцин БТ та Планриз БТ у фази утворення розетки, стеблування та бутонізації, коли датою настання даної фази росту було 3 червня.

Таблиця 1

**Календарні дати настання основних фаз розвитку ріпаку
залежно від досліджуваних факторів (середнє за 2023–2025 рр.)**

Фактор А, використання зрошення	Фактор В, біопрепарат	Фактор С, строки внесення	Фаза розвитку рослин/діб				
			сходи	утворення розетки	стеблування	бутонізація	цвітіння
без зрошення	контроль (без внесення препарату)	утворення розетки + стеблування + бутонізація	17.09	19.11	11.03	04.04	27.04
		стеблування + бутонізація	17.09	19.11	10.03	03.04	26.04
	Ампеломіцин БТ	утворення розетки + стеблування + бутонізація	17.09	19.11	13.03	07.04	29.04
		стеблування + бутонізація	17.09	19.11	12.03	06.04	28.04
	Планриз БТ	утворення розетки + стеблування + бутонізація	17.09	19.11	13.03	07.04	29.04
		стеблування + бутонізація	17.09	19.11	12.03	06.04	28.04
	Триходермін БТ	утворення розетки + стеблування + бутонізація	17.09	19.11	13.03	07.04	29.04
		стеблування + бутонізація	17.09	19.11	12.03	06.04	28.04
зрошення	контроль (без внесення препарату)	утворення розетки + стеблування + бутонізація	17.09	20.11	14.03	08.04	30.04
		стеблування + бутонізація	17.09	20.11	14.03	07.04	29.04
	Ампеломіцин БТ	утворення розетки + стеблування + бутонізація	17.09	20.11	16.03	10.04	02.05
		стеблування + бутонізація	17.09	20.11	15.03	09.04	01.05
	Планриз БТ	утворення розетки + стеблування + бутонізація	17.09	20.11	16.03	10.04	03.05
		стеблування + бутонізація	17.09	20.11	15.03	09.04	02.05
	Триходермін БТ	утворення розетки + стеблування + бутонізація	17.09	20.11	16.03	10.04	03.05
		стеблування + бутонізація	17.09	20.11	15.03	09.04	02.05

Проведені в ході дослідження обліки, фенологічні спостереження та аналіз отриманих урожайних даних дозволяють упевнено стверджувати, що вивчені агротехнічні елементи суттєво впливали на формування продуктивності ріпаку озимого – однієї з найбільш важливих олійних культур у структурі посівів Південного Степу України. Упродовж вегетаційного періоду 2023–2025 рр. насіннева продуктивність культури істотно варіювала залежно від поєднання досліджуваних факторів, і середні показники врожайності становили від 1,8 до 2,6 т/га (табл. 2).

Найбільш вагомий вплив на формування врожайності забезпечило зрошення (фактор А). Саме водозабезпечення посівів визначило можливість реалізації потенціалу культури в умовах дефіциту атмосферної вологості та нерівномірності її розподілу протягом вегетаційного періоду. У зрошуваних варіантах середня врожайність ріпаку озимого склала 2,3 т/га ($НР_{05} = 0,07$ т/га), що є статистично достовірним і стабільно високим показником у межах проведеного досліду. Порівняно з незрошуваними ділянками приріст становив 27,7%, що свідчить про ключову роль водного ресурсу у забезпеченні розвитку культури в критичні фази органогенезу – від стеблуння до наливу насіння. За умов підвищених температур та інтенсивного випаровування, характерних для Південного Степу, саме поливи дали можливість уникнути фізіологічних стресів, забезпечили активний ріст надземної маси, краще гілкування та формування більшої кількості продуктивних стручків.

Важливим елементом технології вирощування в досліді було застосування біологічно активних препаратів (фактор В), що продемонструвало стабільний позитивний вплив на насінневу продуктивність ріпаку озимого. В усіх варіантах, де використовували біопрепарати, спостерігали зростання врожайності порівняно з контролем. Біопрепарати, завдяки комплексній дії корисних мікроорганізмів, стимулювали розвиток кореневої системи, покращували засвоєння поживних елементів та зміцнювали імунітет рослин щодо ґрунтових патогенів.

Серед усіх препаратів найвищу ефективність продемонстрував Планриз БТ, внесення якого забезпечило найвищий середній показник врожайності – 2,3 т/га. Цей результат підтверджує, що використання мікробіологічних препаратів у поєднанні зі зрошенням створює оптимальні умови для активної роботи корисної мікрофлори та максимального прояву її біостимулюючого ефекту.

Значним фактором варіації врожайності виявилися й строки внесення біопрепаратів (фактор С). Дослідження показало, що ефективність дії біологічних препаратів залежить від точності їх застосування у фази розвитку, які є найбільш чутливими до стимулюючих та захисних впливів. Найкращі результати отримали за внесення препаратів у фази: утворення розетки + стеблуння + бутонізація. Така схема дозволила підтримати рослини на всіх ключових етапах формування генеративних органів: від закладання листової розетки та кореневої системи до формування стеблових розгалужень і закладання стручків. Завдяки цьому рослини краще переносили короткочасну посуху, забезпечували стабільну інтенсивність ростових процесів і формували повноцінні репродуктивні органи.

Згідно результатів досліджень, проведених протягом 2023–2025 рр., максимальну середню врожайність насіння – 2,6 т/га сформували посіви ріпаку озимого за використання препарату Планриз БТ в фази: утворення розетки + стеблуння + бутонізація за зрошення.

Таблиця 2

**Насіннєва продуктивність ріпаку озимого
залежно від застосування біопрепаратів, т/га (середнє за 2023–2025 рр.)**

Фактор А, використання зрошення	Фактор В, біопрепарат	Фактор С, строки внесення	Середня урожайність насіння			
			т/га	за фактором		
				А	В	С
без зрошення	контроль (без внесення препарату)	утворення розетки + стеблуння + бутонізація	1,7	1,8	1,8	2,1
		стеблуння + бутонізація	1,6			2,0
	Ампеломіцин БТ	утворення розетки + стеблуння + бутонізація	1,9		2,1	2,3
		стеблуння + бутонізація	1,8			
	Планриз БТ	утворення розетки + стеблуння + бутонізація	2,0		2,2	
		стеблуння + бутонізація	1,9			
	Триходермін БТ	утворення розетки + стеблуння + бутонізація	1,9		2,2	
		стеблуння + бутонізація	1,9			
зрошення	контроль (без внесення препарату)	утворення розетки + стеблуння + бутонізація	2,0	2,3		
		стеблуння + бутонізація	1,9			
	Ампеломіцин БТ	утворення розетки + стеблуння + бутонізація	2,4			
		стеблуння + бутонізація	2,3			
	Планриз БТ	утворення розетки + стеблуння + бутонізація	2,6			
		стеблуння + бутонізація	2,5			
	Триходермін БТ	утворення розетки + стеблуння + бутонізація	2,5			
		стеблуння + бутонізація	2,4			
Оцінка істотності часткових відмінностей:						
	НІР ₀₅ , т/га А = 0,09; В = 0,08; С = 0,03					
Оцінка істотності середніх (головних) ефектів:						
	НІР ₀₅ , т/га А = 0,07; В = 0,07; С = 0,02					

Висновки та перспективи подальших досліджень. За результатами проведених досліджень встановлено, що впровадження науково обґрунтованих і раціонально підібраних агротехнічних прийомів істотно впливає на настання основних фаз розвитку ріпаку, а також сприяє підвищенню рівня продуктивного потенціалу культури. Ефективний дія біопрепаратів створює оптимальні умови для росту й розвитку рослин та забезпечує формування максимальної насіннєвої продуктивності культури.

Найбільш сприятливі умови для росту, розвитку рослин та формування насіннєвої продуктивності ріпаку озимого сорту Чорний велетень сформувалися за умови внесення препарату Планриз в фази: утворення розетки + стеблування +

бутонізація в зрошуваних умовах. Саме за такого способу біологічного захисту посівів відмічено найкращі показники розвитку рослин і ефективного використання ресурсів агроценозу, що позитивно позначилося на формуванні врожаю насіння культури.

Узагальнення результатів проведених досліджень показало, що найвищий середній рівень урожайності насіння ріпаку озимого в досліді – 2,6 т/га було отримано за використання препарату Планриз БТ в фази: утворення розетки + стеблуння + бутонізація за зрошення, що підтверджує доцільність застосування зазначених оптимальних параметрів в умовах півдня України.

Перспективи подальших досліджень полягають у вивченні адаптивного потенціалу ріпаку озимого до змін клімату, зокрема в умовах посилення посушливості. Важливим напрямом є розробка агротехнічних заходів, що мінімізують техногенне навантаження на ґрунт, зберігаючи при цьому високі темпи проходження фаз органогенезу та врожайність

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Бардін Я. Б. Ріпак: від сівби – до переробки. Біла Церква : Світ, 2000. 107 с.
2. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В. Рослинництво. Нові технології вирощування сільськогосподарських культур. Львів : Українські технології, 2019. 806 с.
3. Інноваційні підходи до фітореMediaції та фіторекультивації у сучасних системах землеробства: монографія / Цицюра Я. Г., Шкатула Ю. М., Забарна Т. А., Пелех Л. В. Вінниця : ТОВ «Друк», 2022. 1200 с.
4. Гаврилюк М. М., Салатенко В. Н., Чехов А. В. Олійні культури в Україні. Київ: Основа, 2007. 414 с.
5. Колесніченко О. Ріпак озимий – цінна енергетична культура. Пропозиція. 2008. № 8. С. 60–61.
6. Балабаш В. С., Вожегова Р. А. Формування насінневої продуктивності ріпаку озимого за умов зміни клімату. *Аграрні інновації*. 2025. № 30. С. 41–46. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.30.6>
7. Гусев М.Г., Коковихін С.В., Пелех І.Я. Ріпак – перспективна кормова й олійна культура на півдні України. Вінниця, 2011. 60 с.
8. Рудник-Іващенко О. І. Особливості вирощування озимих культур за умов змін клімату. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2012. № 2. С. 8–10.
9. Зінченко О. І., Салатенко В. Н., Білоножко М. А. Озимий ріпак. Рослинництво. Київ: Аграрна освіта, 2003. 593 с.
10. Валентюк Н.О., Юркевич Є.О., Дробіт О.С., Дуда О.М., Куліджанов Е.В. Насінневі якості амаранту залежно від умов зберігання. *Вісник Аграрної науки*. 2024. № 9 (858). С. 69–76. https://agrovisnyk.com/pdf/ua_2024_09_08.pdf
11. Polevoy A., Barsukova O., Husieva K., Zhygailo O., Volvach O., Kyrnasivska N., Tolmachova A., Zhygailo T., Danilova N., Kostiukievych T. The Climate Change Impact on the Development of Droughts in Ukraine. *Journal of Ecological Engineering* 2024. Vol.25.No.6. P.194–205. <https://www.jeeng.net/pdf-187276-110366?filename=The%20Climate%20Change%20Impact.pdf>
12. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф. Ріпак. 2-ге вид., доповн. Львів: НВФ «Українські технології», 2010. 124 с.
13. Raisa Vozhehova, Sergii Kokovikhin, Oleksandr Misievych, Anatolii Vlashchuk, Mykola Pryshchepo, Liudmyla Shapar, Pavlo Lykhovyd, Olesya Drobbit, Olena Konashchuk, Viktor Naidionov. Influence of herbicides on seed productivity and sowing qualities of white melilot in the steppe zone of Ukraine. *AgroLife Scientific Journal*. 2019. Vol. 8, No. 2. P. 174–181. <https://agrolifejournal.usamv.ro/index.php/agrolife/article/view/254/253>

14. Перспективи використання мікробних поверхнево-активних речовин у рослинництві / Т. П. Пирог та ін. *Мікробіологічний журнал*. 2018. Т. 80 (3). С. 115–135. <https://doi.org/10.15407/microbiolj80.03.115>

15. Іутинська Г. О., Білявська Л. О., Титова Л. В., Леонова Н. О., Ямборко Н. А., Петрук Т. В. та ін. Мікробні препарати для рослинництва. Методичні рекомендації. Київ: ІМВ НАЛУ, 2017. 82 с.

16. Вожегова Р. А., Лавриненко Ю. О., Малярчук М. Г. та ін. Методика польових і лабораторних досліджень на зрошуваних землях. Херсон: Грінь Д. С., 2014 р. 285 с.

17. Bhardwaj H. L., Namana A. A. Oil, erucic acid, and glucosinolate contents in winter hardy rapeseed germplasms. *Industrial Crops and Products*. 2000. Vol. 12. P. 33–38.

18. Балабаш В. С., Вожегова Р. А., Влащук А. М., Дробіт О. С. Особливості формування продуктивності ріпаку озимого за використання біопрепаратів. *Сільське господарство і зміни клімату: наукові підходи та інновації для стійкого майбутнього* : матеріали Міжнарод. наук.-практ. конф., м. Одеса, 16 трав. 2025 р. / Ін-т клімат. опієн. с.-г. НААН, 2025. С. 122–124. <https://icsanaas.com.ua/wp-content/uploads/2025/05/Збірник-Final.pdf>

19. Ткачук О. П., Разанов С. Ф., Банул С. О. Наукові принципи підбору сортів і гібридів ріпаку озимого. *Український журнал природничих наук*. 2024. № 7. С. 175–181. <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.7.2024.19>

20. Науково-практичні рекомендації з технології вирощування насіння ріпаку озимого в умовах зрошення півдня України. Науково-практичні рекомендації / Вожегова Р. А. та ін. Херсон : Олді+, 2018. 48 с.

21. Sieling K., Böttcher U., Kage H. Sowing date and N application effects on tape root and above-ground dry matter of winter oilseed rape in autumn. *Eur. J. Agric.* 2017. No 83. P. 40–46.

22. Балабаш В. С., Вожегова Р. А., Влащук А. М., Дробіт О. С. Оптимізація елементів технології випрошування ріпаку озимого. *Інноваційні аспекти збереження і підвищення родючості ґрунтів у воєнний та повоєнний періоди* : матеріали Міжнарод. наук.-практ. конф., с. Оброшине, 18 верес. 2025 р. / Ін-т с.-г. Карпат. регіону НААН, 2025. С. 7–9. https://drive.google.com/file/d/1m3u0JSXWSMdT5iOFPiC53Fxb-7_H3j2/view

Дата першого надходження статті до видання: 01.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 635.21:631.526:631.524

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.1.10>

ЕФЕКТИВНІСТЬ МІНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕННЯ СОНЯШНИКУ ЗА РІЗНИХ ПОПЕРЕДНИКІВ У ПІВНІЧНО-СХІДНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Бердін С.І. – к.с.-г.н.,

доцент кафедри селекції та насінництва імені професора М. Д. Гончарова,

Сумський національний аграрний університет

orcid.org/0000-0002-2337-4107**Омельяненко О.М.** – аспірант кафедри агротехнологій та ґрунтознавства,

Сумський національний аграрний університет

orcid.org/0000-0003-1251-4044

Соняшник є однією з провідних олійних культур України, а ефективність його вирощування значною мірою визначається адаптацією елементів технології до ґрунтово-кліматичних умов регіону. В умовах Північно-Східного Лісостепу України, що характеризується значною мінливістю гідротермічних режимів років вирощування, важливого значення набуває науково обґрунтований вибір попередників і рівня мінерального удобрення, які формують урожайність, олійність насіння та збір олії соняшнику. Метою досліджень було встановлення впливу попередників і норм мінеральних добрив на продуктивність гібриду соняшнику Форвард.

Польові дослідження проводили у 2024-2025 роках у зоні Північно-Східного Лісостепу України за таких попередників: пшениця озима, ріпак ярий по багаторічних травах і кукурудза на зерно. Досліджували фони мінерального живлення: без удобрення, $N_{30}P_{45}K_{45}$ та $N_{60}P_{90}K_{90}$. За роки досліджень урожайність соняшнику після пшениці озимої в середньому становила 3,05-3,17 т/га, після ріпаку ярого – 2,80-2,97 т/га, після кукурудзи на зерно – 3,03-3,06 т/га залежно від фону удобрення. Найбільший відносний приріст урожайності від застосування мінеральних добрив отримано після вівса (+5,0-6,1 %), децю менший – після озимої пшениці (+2,6-3,9 %), тоді як після кукурудзи на зерно ефект удобрення був мінімальним (0-1,0 %).

Установлено, що олійність насіння була найвищою на контролі (без удобрення) і в середньому становила 52,4-53,2 % після пшениці озимої та вівса і 51,3 % після кукурудзи на зерно. Підвищення норми мінеральних добрив до $N_{60}P_{90}K_{90}$ знижувало олійність насіння до 47,9-48,5 %. Інтегральний показник продуктивності – збір олії, у середньому за два роки був максимальним після озимої пшениці (1,61 т/га), децю нижчим після кукурудзи на зерно (1,46-1,57 т/га) та найменшим після вівса (1,44-1,50 т/га). Підвищення норми добрив не забезпечувало зростання збору олії та в більшості випадків супроводжувалося його зниженням.

За результатами досліджень обґрунтовано доцільність застосування помірних норм мінерального живлення з урахуванням попередника для забезпечення стабільної врожайності та високого збору олії соняшнику в умовах Північно-Східного Лісостепу України.

Ключові слова: соняшник, попередник, мінеральне удобрення, урожайність, олійність насіння, збір олії, ефективність добрив.

Berdin S.I., Omelyanenko O.M. Effectiveness of mineral fertilization of sunflower under different predecessors in the North-Eastern Forest-Steppe of Ukraine

Sunflower (*Helianthus annuus* L.) is one of the leading oilseed crops in Ukraine, and its productivity largely depends on the adaptation of cultivation practices to regional soil and climatic conditions. In the North-Eastern Forest-Steppe of Ukraine, characterized by high interannual variability of hydrothermal conditions, the choice of suitable predecessors and



© Бердін С.І., Омельяненко О.М., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

mineral fertilization regimes plays a key role in yield formation, seed oil content and oil yield. The aim of the study was to determine the effect of predecessors and mineral fertilization levels on the productivity of the sunflower hybrid Forward.

Field experiments were conducted in 2024-2025 in the North-Eastern Forest-Steppe zone of Ukraine using three predecessors: winter wheat, oats after perennial grasses, and grain maize. The following fertilization backgrounds were studied: no fertilization, $N_{30}P_{45}K_{45}$ and $N_{60}P_{90}K_{90}$. Over the two-year period, sunflower seed yield after winter wheat averaged 3.05-3.17 t/ha, after oats 2.80-2.97 t/ha, and after grain maize 3.03-3.06 t/ha depending on the fertilization level. The highest relative yield increase due to mineral fertilization was obtained after oats (5.0-6.1 %), a lower increase was observed after winter wheat (2.6-3.9 %), while after grain maize the crop response to fertilization was minimal (0-1.0 %).

Seed oil content was highest under the unfertilized control and averaged 52.4-53.2 % after winter wheat and oats, and 51.3 % after grain maize. Increasing the fertilization rate to $N_{60}P_{90}K_{90}$ resulted in a decrease in oil content to 47.9-48.5 %. The integrated productivity indicator, oil yield, averaged 1.61 t/ha after winter wheat, 1.44-1.50 t/ha after oats, and 1.46-1.57 t/ha after grain maize. Higher fertilization rates did not increase oil yield and, in most cases, led to its reduction.

The results indicate that moderate mineral fertilization rates, combined with an appropriate choice of predecessor, are the most effective approach to achieving stable sunflower yield and high oil production under the conditions of the North-Eastern Forest-Steppe of Ukraine.

Key words: sunflower, predecessor, mineral fertilization, seed yield, oil content, oil yield, fertilizer efficiency.

Постановка проблеми. Соняшник (*Helianthus annuus* L.) є провідною олійною культурою України та ключовим джерелом рослинної олії для внутрішнього споживання й експорту. Реалізація його генетичного потенціалу продуктивності в умовах північно-східного Лісостепу України значною мірою залежить від оптимізації елементів технології вирощування, серед яких провідну роль відіграють попередники та система удобрення [1]. З огляду на високу чутливість соняшнику до агрофону, порушення сівозмін і дефіциту елементів живлення, проблема науково обґрунтованого поєднання цих чинників набуває особливої актуальності [2].

Незважаючи на наявність окремих досліджень з питань удобрення або розміщення соняшнику в сівозміні, у зоні Північно-Східного Лісостепу України залишається недостатньо вивченим поєднаний вплив попередників і систем удобрення на урожайність та збір олії, особливо з урахуванням сучасних кліматичних викликів і тенденції до скорочення класичних сівозмін [3]. Це зумовлює потребу в регіонально орієнтованих дослідженнях, спрямованих на оптимізацію агротехнічних рішень у технології вирощування соняшнику

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У наукових дослідженнях вітчизняних і зарубіжних авторів соняшник (*Helianthus annuus* L.) розглядається як культура з високим рівнем адаптивності, але водночас із підвищеними вимогами до агрофону, насамперед до родючості ґрунту, попередників і системи живлення. Доведено, що рівень урожайності та показники олійності насіння формуються під впливом комплексу агроєкологічних і технологічних чинників, серед яких провідну роль відіграють попередники та система мінерального живлення роль яких істотно зростає в умовах нестійкого зволоження та кліматичної мінливості [4-6].

Численні дослідження засвідчують, що попередники суттєво впливають на водний і поживний режими ґрунту, фітосанітарний стан посівів і ефективність використання елементів живлення соняшником [7-9]. За даними В. І. Троценка, розміщення соняшнику після зернових колосових культур сприяє формуванню більш сприятливих умов для росту і розвитку рослин, що зумовлює підвищення врожайності та стабілізацію олійності насіння порівняно з повторними посівами або розміщенням після кукурудзи [10]. Автор наголошує, що саме попередник визначає ефективність реалізації потенціалу культури за різних рівнів удобрення.

У працях Бутенка А.А. та співавторів показано, що попередники істотно впливають на післядію мінеральних добрив і доступність поживних речовин у критичні фази органогенезу соняшнику. Зокрема встановлено, що після бобових культур формується більш оптимальний азотний режим ґрунту, що позитивно позначається на початковому рості рослин і закладанні генеративних органів, тоді як після культур із потужною кореневою системою спостерігається підвищена конкуренція за вологу [11, 12].

Питання оптимізації системи удобрення соняшнику широко висвітлені в наукових публікаціях, у яких доведено, що азот, фосфор і калій відіграють визначальну роль у формуванні врожайності та якості насіння. Разом із тим дослідники відзначають, що надмірне азотне живлення може призводити до зниження олійності насіння внаслідок посилення вегетативного росту, особливо за недостатнього забезпечення рослин фосфором і калієм [13]. У цьому контексті підкреслюється необхідність збалансованого застосування добрив з урахуванням агрофону, сформованого попередником.

Зарубіжні дослідження підтверджують, що збір олії з одиниці площі як інтегральний показник продуктивності соняшнику залежить не лише від урожайності, а й від олійності насіння, яка істотно реагує на рівень азотного живлення, забезпеченість фосфором і калієм та умови зволоження [14, 15].

Водночас більшість наукових праць розглядає вплив окремих факторів технології без урахування їх взаємодії, тоді як саме поєднаний вплив попередників і систем удобрення визначає стабільність продуктивності соняшнику в умовах кліматичної мінливості, зокрема у зоні північно-східного Лісостепу України [1, 3].

Саме поєднаний вплив цих чинників визначає стабільність формування врожайності та збору олії, особливо в умовах Північно-Східного Лісостепу України, для якого характерна значна мінливість гідротермічного режиму різних вегетаційних періодів [16]. Це зумовлює необхідність проведення комплексних регіонально орієнтованих досліджень.

Постановка завдання. Метою дослідження було встановити вплив різних попередників і систем удобрення на урожайність насіння та збір олії соняшнику в умовах Північно-Східного Лісостепу України, що дозволяє науково обґрунтувати регіонально адаптовані елементи технології вирощування культури з урахуванням річних мінливостей погодних умов.

Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем типовий середньосуглинного гранулометричного складу з вмістом гумусу 5,0-5,2 %, гідролітичною кислотністю 2,7-3,0 мг.-екв./100 г ґрунту, рН_{KCl} 5,8-6,0 і вмістом рухомого фосфору та обмінного калію (за Чириковим) відповідно 65-87 і 94-129 мг/кг ґрунту.

Дослідження проводилися в стаціонарному багатофакторному польовому досліді, закладеному в СТОВ «Дружба-Нова» Прилуцького району, Чернігівської області, з таким чергуванням культур у ланках перед висівом: 1 ланка – горох-пшениця озима; 2 ланка – пшениця озима-кукурудза на зерно; 3 ланка – соя-ріпак ярий. Вивчалися три дози повного мінерального добрива безпосередньо під соняшник: низька - без основного добрива, середня – $N_{30}P_{45}K_{45}$; висока – $N_{60}P_{90}K_{90}$.

Спостереження за врожайністю та якістю продукції залежно від різних попередників і фонів живлення проводилися протягом 2024-2025 рр. Повне мінеральне добриво вносили восени під основний обробіток ґрунту.

Вивчалися попередники: 1) пшениця озима; 2) ріпак ярий; 3) кукурудза на зерно. Дослідження проводилися в трикратній повторності з систематичним однорядним розміщенням ділянок. Облікова площа ділянок складала – 50 м². Технологія вирощування була традиційною для зони північно-східного Лісостепу.

Для оцінки впливу досліджуваних факторів на продуктивність культури визначали врожайність насіння соняшнику, олійність і збір олії. Визначення якісних показників проводилося за стандартними методиками. Дані обліку врожайності піддавали математичній обробці методом дисперсійного аналізу за допомогою пакета програм Microsoft Excel.

Виклад основного матеріалу дослідження. За результатами досліджень встановлено, що врожайність соняшнику гібриду Форвард істотно залежала як від попередника, так і від фону мінерального живлення, а також від погодних умов року досліджень. У 2024 році, який характеризувався сприятливішими гідротермічними умовами, рівень урожайності був вищим порівняно з 2025 роком за всіма варіантами дослідів.

Таблиця 1

Врожайність соняшнику залежно від попередників і фонів мінерального живлення, т/га

Попередник	Роки	Фони мінерального живлення		
		Без удобрення	N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅	N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀
Пшениця озима	2024	3,39	3,58	3,45
	2025	2,70	2,75	2,80
	Середнє	3,05	3,17	3,13
Ріпак ярий	2024	3,00	3,22	3,24
	2025	2,60	2,66	2,70
	Середнє	2,80	2,94	2,97
Кукурудза на зерно	2024	3,29	3,32	3,21
	2025	2,77	2,8	2,84
	Середнє	3,03	3,06	3,03
НІР ₀₅	Роки	для попередників	для фонів	для дослідів
	2024	0,22	0,20	0,45
	2025	0,62	0,36	0,35

Після пшениці озимої середня врожайність соняшнику за два роки становила 3,05 т/га на контролі (без удобрення), 3,17 т/га за внесення N₃₀P₄₅K₄₅ та 3,13 т/га за норми N₆₀P₉₀K₉₀. У 2024 році найвищу врожайність (3,58 т/га) одержано на фоні N₃₀P₄₅K₄₅, тоді як у 2025 році відмічено поступове зростання врожайності зі збільшенням норми добрив до 2,80 т/га за внесення N₆₀P₉₀K₉₀, що свідчить про більшу ефективність підвищеного рівня мінерального живлення за менш сприятливих погодних умов.

Розміщення соняшнику після ріпаку ярого забезпечувало нижчий рівень урожайності порівняно з озимою пшеницею. Середні показники за роки досліджень коливалися в межах 2,80-2,97 т/га залежно від фону мінерального живлення. Внесення мінеральних добрив сприяло стабільному зростанню врожайності, причому максимальні значення відмічено за норми N₆₀P₉₀K₉₀ (2,97 т/га). Це вказує на позитивну реакцію культури на підвищений рівень живлення за даного попередника.

Після кукурудзи на зерно врожайність соняшнику була менш чутливою до змін фону мінерального живлення. Середні показники за два роки становили відповідно 3,03 т/га на контролі, 3,06 т/га за внесення N₃₀P₄₅K₄₅ та 3,03 т/га за N₆₀P₉₀K₉₀. У 2024 році різниця між варіантами була мінімальною (3,21–3,32 т/га), тоді як у 2025 році спостерігалось незначне підвищення врожайності за внесення добрив до 2,84 т/га, що, однак, не забезпечило суттєвої переваги над контролем.

Узагальнюючи отримані результати, можна зазначити, що найбільш стабільні та високі показники врожайності соняшнику забезпечувало розміщення після пшениці озимої, тоді як після ріпаку ярого спостерігалось помірне зниження продуктивності, а після кукурудзи на зерно ефективність мінерального удобрення була обмеженою.

Окупність мінеральних добрив під соняшник істотно залежала від попередника та рівня мінерального живлення. Найвищі показники окупності отримано за розміщення культури після ріпаку ярого, де внесення норми $N_{30}P_{45}K_{45}$ забезпечувало 1,17 кг насіння на 1 кг д.р. добрив, а підвищення норми до $N_{60}P_{90}K_{90}$ знижувало окупність до 0,71 кг/кг д.р. Після пшениці озимої окупність добрив була нижчою і становила відповідно 1,00 та 0,33 кг/кг д.р., що свідчить про обмежену ефективність підвищених доз мінерального живлення за даного попередника. Найменшу ефективність застосування добрив зафіксовано після кукурудзи на зерно, де окупність становила лише 0,25 кг/кг д.р. за норми $N_{30}P_{45}K_{45}$, а за внесення $N_{60}P_{90}K_{90}$ приріст урожайності практично був відсутній.

У цілому підвищення норми добрив у всіх попередниках супроводжувалося зниженням їх окупності, що свідчить про доцільність застосування помірних доз мінеральних добрив та врахування попередника як ключового чинника підвищення ефективності удобрення соняшнику в умовах Північно-Східного Лісостепу України.

Дослідження олійності насіння соняшнику показало, що вона істотно залежала від попередника, фону мінерального живлення та погодних умов року. У 2024 році показники олійності були вищими порівняно з 2025 роком за всіма варіантами досліду, що свідчить про визначальну роль гідротермічних умов у процесах накопичення олії в насінні

Таблиця 2

Олійність насіння соняшнику залежно від попередника та фону удобрення, %

Попередник	Роки	Фони мінерального живлення		
		Без удобрення	$N_{30}P_{45}K_{45}$	$N_{60}P_{90}K_{90}$
Пшениця озима	2024	56,5	53,1	49,8
	2025	48,3	47,7	46,0
	Середнє	52,4	50,4	47,9
Ріпак ярий	2024	55,4	52,5	48,6
	2025	51,0	48,8	48,4
	Середнє	53,2	50,7	48,5
Кукурудза на зерно	2024	55,1	51,1	49,8
	2025	47,5	46,9	46,4
	Середнє	51,3	49,0	48,1

Після пшениці озимої середня олійність насіння за два роки становила 52,4 % на контролі (без удобрення) і послідовно знижувалася зі збільшенням норми мінеральних добрив – до 50,4 % за внесення $N_{30}P_{45}K_{45}$ та до 47,9 % за норми $N_{60}P_{90}K_{90}$. У 2024 році зниження олійності було більш вираженим (від 56,5 % на контролі до 49,8 % за максимального фону удобрення), тоді як у 2025 році різниця між варіантами була меншою, проте загальна тенденція зберігалася.

Аналогічну закономірність встановлено і після ріпаку ярого, де середні показники олійності становили 53,2 % на контролі, 50,7 % за внесення $N_{30}P_{45}K_{45}$ та 48,5 % за $N_{60}P_{90}K_{90}$. Внесення мінеральних добрив супроводжувалося поступовим

зниженням олійності незалежно від року досліджень, що узгоджується з відомими даними щодо негативного впливу підвищених доз мінерального азоту на інтенсивність накопичення олії.

Після кукурудзи на зерно олійність насіння була найнижчою серед досліджуваних попередників. Середні значення за роки досліджень коливалися від 51,3 % на контролі до 48,1 % за максимального фону мінерального живлення. У 2025 році спостерігалось загальне зниження олійності до 46,4-47,5 % залежно від фону удобрення, що свідчить про поєднану негативну дію менш сприятливого попередника та несприятливих погодних умов року.

Узагальнюючи отримані результати, можна зазначити, що застосування мінеральних добрив у всіх попередниках супроводжувалося зниженням олійності насіння соняшнику, причому найбільш високі показники олійності стабільно формувалися на контролі (без удобрення). Це підтверджує доцільність помірного рівня мінерального живлення та необхідність оптимізації норм добрив з урахуванням попередника й умов року з метою збереження високої якості продукції

Визначивши показники збору олії соняшнику з одиниці площі було встановлено, що на його розмір впливали попередники, фон мінерального живлення та погодні умови року. У 2024 році зафіксовано вищі показники збору олії порівняно з 2025 роком за всіма варіантами дослідів, що зумовлено поєднанням вищої врожайності та більшої олійності насіння у сприятливіших гідротермічних умовах року

Таблиця 3

Збір олії в залежності від попередника і фону удобрення, т/га

Попередник	Роки	Фони мінерального живлення		
		Без удобрення	N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅	N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀
Пшениця озима	2024	1,92	1,90	1,72
	2025	1,30	1,31	1,29
	Середнє	1,61	1,61	1,51
Ріпак ярий	2024	1,66	1,69	1,57
	2025	1,33	1,30	1,31
	Середнє	1,50	1,50	1,44
Кукурудза на зерно	2024	1,81	1,70	1,60
	2025	1,32	1,31	1,32
	Середнє	1,57	1,51	1,46

Після пшениці озимої середній за два роки збір олії становив 1,61 т/га на контролі (без удобрення) та на фоні N₃₀P₄₅K₄₅, тоді як підвищення норми добрив до N₆₀P₉₀K₉₀ призводило до його зниження до 1,51 т/га. У 2024 році максимальний збір олії (1,92 т/га) отримано на контролі, тоді як внесення мінеральних добрив, особливо у підвищеній нормі, супроводжувалося зменшенням цього показника. У 2025 році різниця між варіантами була незначною (1,29–1,31 т/га), що свідчить про вирівнювання впливу фону удобрення за менш сприятливих умов року.

Розміщення соняшнику після ріпаку ярого забезпечувало середній збір олії в межах 1,44–1,50 т/га залежно від фону удобрення. Найвищі значення за два роки відмічено на контролі та за внесення N₃₀P₄₅K₄₅ (по 1,50 т/га), тоді як застосування

норми $N_{60}P_{90}K_{90}$ знижувало збір олії до 1,44 т/га. Аналогічна тенденція спостерігалася і в розрізі років, що підтверджує негативний вплив підвищених доз мінерального живлення на інтегральний показник продуктивності – збір олії.

Після кукурудзи на зерно середній збір олії становив 1,57 т/га на контролі, 1,51 т/га за внесення $N_{30}P_{45}K_{45}$ та 1,46 т/га за норми $N_{60}P_{90}K_{90}$. У 2024 році спостерігалось чітке зниження збору олії зі збільшенням норми добрив (від 1,81 до 1,60 т/га), тоді як у 2025 році показники були практично вирівняними (1,31–1,32 т/га), що свідчить про домінуючий вплив погодних умов року над фактором удобрення.

Узагальнюючи результати, можна зазначити, що максимальний середній збір олії соняшнику формувалася за розміщення культури після пшениці озимої, тоді як після ріпаку ярого та кукурудзи на зерно він був нижчим. Підвищення норми мінеральних добрив до $N_{60}P_{90}K_{90}$ у всіх попередниках не забезпечувало зростання збору олії, а в більшості випадків супроводжувалося його зниженням, що пов'язано зі зменшенням олійності насіння та обмежувальним впливом погодних умов року.

Установлено, що продуктивність гібриду соняшнику Форвард у умовах Північно-Східного Лісостепу України істотно залежала від попередника, фону мінерального живлення та погодних умов року. Найвищу та найбільш стабільну врожайність культури забезпечувало розміщення після пшениці озимої, де середні показники за роки досліджень перевищували або були не нижчими, ніж після інших попередників. Розміщення після ріпаку ярого по сої формувало проміжний рівень урожайності, тоді як після кукурудзи на зерно спостерігалася найменша реалізація продуктивного потенціалу соняшнику та обмежена реакція на мінеральне живлення.

Застосування мінеральних добрив у нормах $N_{30}P_{45}K_{45}$ та $N_{60}P_{90}K_{90}$ по різному впливало на урожайність залежно від попередника. Найбільший відносний приріст урожайності отримано після ріпаку ярого (+5,0-6,1 %), дещо менший – після пшениці озимої (+2,6-3,9 %), тоді як після кукурудзи на зерно приріст був мінімальним або відсутнім (0-1,0 %). При цьому підвищення норми добрив не супроводжувалося пропорційним зростанням урожайності, що свідчить про зниження їх агрономічної ефективності за високого рівня мінерального живлення.

Аналіз олійності насіння показав, що її максимальні значення формувалися на контролі (без удобрення) незалежно від попередника, тоді як внесення мінеральних добрив, особливо у підвищеній нормі, супроводжувалося її зниженням. Це узгоджується з біологічними особливостями соняшнику та свідчить про негативний вплив надлишкового азотного живлення на процеси накопичення олії в насінні, особливо за менш сприятливих гідротермічних умов.

Інтегральний показник продуктивності – збір олії з одиниці площі – найбільше визначався поєднаною дією врожайності та олійності насіння. Максимальний середній збір олії отримано за розміщення соняшнику після пшениці озимої (1,61 т/га), тоді як після ріпаку ярого та кукурудзи на зерно він був нижчим. Підвищення норми мінеральних добрив до $N_{60}P_{90}K_{90}$ у всіх попередниках не забезпечувало зростання збору олії, а в більшості випадків призводило до його зниження.

Оцінка окупності мінеральних добрив засвідчила, що їх ефективність істотно знижувалася зі збільшенням норми внесення та була максимальною за помірного рівня мінерального живлення. Найвищу окупність добрив отримано після ріпаку ярого (до 1,17 кг насіння на 1 кг д.р.), дещо нижчу – після пшениці озимої (до 1,00 кг/кг д.р.), тоді як після кукурудзи на зерно окупність була мінімальною або відсутньою. Це підтверджує доцільність застосування помірних норм добрив та обов'язкове врахування попередника при розробці технології вирощування соняшнику.

Висновки. Продуктивність соняшнику в умовах Північно-Східного Лісостепу України істотно залежала від попередника та погодних умов року. Найвищі та найбільш стабільні показники врожайності й збору олії формувалися за розміщення культури після пшениці озимої, тоді як після ріпаку ярого забезпечувався проміжний рівень продуктивності, а після кукурудзи на зерно – найнижчий.

Застосування мінеральних добрив сприяло підвищенню врожайності соняшнику, однак ефективність удобрення визначалась попередником. Найбільший відносний приріст урожайності отримано після ріпаку ярого (+5,0-6,1 %), дещо менший – після пшениці озимої (+2,6-3,9 %), тоді як після кукурудзи на зерно реакція культури на удобрення була мінімальною.

Внесення мінеральних добрив, особливо у підвищеній нормі, супроводжувалося зниженням олійності насіння та окупності добрив, що обмежувало зростання збору олії. Найбільш доцільним у технології вирощування соняшнику є застосування помірних норм мінерального живлення з урахуванням попередника.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Камінський В. Ф., Гангур В. В. Кліматичні ризики у виробництві соняшнику в зоні Лісостепу України. Землеробство. 2021. Вип. 95. С. 14–21.
2. Connor D. J., Hall A. J. Sunflower physiology. *Field Crops Research*. 2019. Vol. 243. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2019.107610>
3. Ordóñez R. A., Castellano M. J., Hatfield J. L. Climate variability impacts on oilseed crops productivity. *Global Change Biology*. 2021. Vol. 27. P. 3462–3476. <https://doi.org/10.1111/gcb.15677>
4. Паламарчук В. Д., Поліщук І. С., Камінський В. Ф. Продуктивність соняшнику залежно від елементів технології вирощування. Землеробство. 2019. Вип. 91. С. 85–92.
5. Гангур В. В., Камінський В. Ф. Соняшник у сучасних сівозмінах Лісостепу України. Вісник аграрної науки. 2018. № 6. С. 23–29.
6. FAO. Sunflower production and agronomy. Rome : FAO. 2018. 124 p.
7. Vojnov B., Bošnjak D., Krstić Đ. Influence of crop rotation on sunflower yield stability. *Field Crops Research*. 2015. Vol. 180. P. 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2015.05.006>
8. Škarpa P., Losák T., Hlušek J. The effect of fertilization on yield and oil content of sunflower. *Plant, Soil and Environment*. 2014. Vol. 60. P. 297–302. <https://doi.org/10.17221/377/2014-PSE>
9. Dordas C. A., Sioulas C. Effect of nitrogen fertilization on oil yield of sunflower. *Industrial Crops and Products*. 2009. Vol. 29. P. 472–480. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2008.08.002>
10. Троценко В.І. Вплив попередників і удобрення на урожайність та олійність соняшнику в умовах Лісостепу України. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агрономія і біологія. 2020. Вип. 3 (41). С. 56–62.
11. Бутенко А.А. Продуктивність соняшнику залежно від агрофону та системи живлення. Вісник Харківського національного аграрного університету ім. В. В. Докучаєва. Серія: Рослинництво. 2019. № 2. С. 74–81.
12. Бутенко А.А., Лісовий М. В., Кобзар О. М. Ефективність мінерального живлення соняшнику залежно від попередника. Наукові праці Інституту землеробства НААН. 2021. Вип. 4. С. 98–105.
13. Вожегова Р.А., Шевченко Н.Д., Орленко Л.П. Ефективність мінерального удобрення соняшнику за різних агроекологічних умов. Таврійський науковий вісник. 2018. Вип. 103. С. 32–39.
14. Nezami A., Khazaei H., Rezazadeh A. Effects of different nitrogen rates on yield and oil quality of sunflower. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 2010. Vol. 12. P. 173–184.
15. Šimić M., Dragičević V., Brankov M. Integrated effect of fertilization and weather conditions on sunflower productivity. *Agriculture*. 2020. Vol. 10. Article 486. <https://doi.org/10.3390/agriculture10110486>
16. Tarariko O. G. Adaptive agriculture under climate change. *Agricultural Science and Practice*. 2019. Vol. 6. P. 3–14. <https://doi.org/10.15407/agrisp6.01.003>

Дата першого надходження статті до видання: 02.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 577.152.1:633.16"321":631.86/87

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.1.11>

АКТИВНІСТЬ ОКРЕМИХ ФЕРМЕНТІВ КЛАСУ ОКСИДОРЕДУКТАЗ В РОСЛИНАХ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ГОЛОЗЕРНОГО НА ФОНІ ВИКОРИСТАННЯ БІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ

Березовський А.А. – аспірант кафедри біології,
Уманський національний університет
orcid.org/0009-0003-5691-4311

Рослини упродовж онтогенезу виробляють захисні механізми до впливу несприятливих чинників зовнішнього середовища, у тому числі пестицидів, синтетичних добрив, які здатні викликати стрес. Серед реакцій рослини на стрес є активація ферментативної активності окисно-відновного характеру дії (каталази, пероксидази, поліфенолоксидази), за якої підвищується антиоксидантний статус рослин.

Біологічні препарати виявляють комплексний вплив на фізіолого-біохімічні процеси в рослинах, що супроводжуються змінами в роботі антиоксидантної ферментативної системи.

Дослідження виконували у суворо контрольованих лабораторних умовах кафедри біології Уманського національного університету у 2025 році. Дію біологічних препаратів Біозлак та Бактива вивчали на рослинах ячменю ярого голозерного сорту Натаір, що вирощувалися в пластикових посудинах з чорноземом опідзоленим важкосуглинковим з дотриманням вимог вегетаційного методу. Схема дослідження включала варіанти з обробкою насіння перед сівбою біологічним препаратом Біозлак у нормах, розрахованих як еквівалент виробничим 1,0; 1,25; 1,5 л/т та застосуванням на їх фоні біопрепарату Бактива з розрахунку та переведенням на гектарну норму 250 г. Насіння ячменю голозерного за добу до сівби обробляли біопрепаратом Біозлак. На фоні обробки насіння ячменю голозерного Біозлаком рослини у фазі трьох листків обприскували біологічним препаратом Бактива в нормі 250 г/га. Повторність дослідження – чотирихразова.

Встановлено, що за комплексного застосування різних норм біологічного препарату Біозлак з Бактивою активність окисно-відновних ферментів у рослинах ячменю ярого голозерного зростає та досягає найвищого рівня за сумісного використання для обробки насіння перед сівбою Біозлаком у нормі 1,5 л/т з наступним обприскуванням по даному фону рослин Бактивою у нормі 250 г/га, що відповідає активності каталази на п'яту й десяту добу визначення 7,4–8,3 мкМоль розкладеного H_2O_2 , пероксидази – 19,5–20,7 мкМоль окисненого гваяколу, поліфенолоксидази – 7,7–9,8 мкМоль окисненої аскорбінової кислоти/г сирої маси за 1 хв. відповідно до контролю та може свідчити про інтенсифікацію проходження в рослинах обмінних процесів, активними та безпосередніми учасниками яких у рослинному організмі є оксидативні ферменти.

Ключові слова: ячмінь ярий голозерний, біологічні препарати, каталаза, пероксидаза, поліфенолоксидаза.

Berezovskyi A. A., The activity of selected enzymes of the oxidoreductase class in spring naked-grain barley plants following the application of biological agents

Throughout their ontogenesis, plants develop defence mechanisms against the effects of adverse environmental factors including pesticides and synthetic fertilisers which are capable of inducing stress. Among the plant's responses to stress is the activation of enzymatic activity of a redox nature (catalase, peroxidase, polyphenol oxidase) which increases the plants' antioxidant status.

Biological preparations exert a complex effect on physiological and biochemical processes in plants, accompanied by changes in the functioning of the antioxidant enzyme system.

The research was conducted under strictly controlled laboratory conditions at the Department of Biology of Uman National University in 2025. The effect of the biological preparations Biozлак



© Березовський А.А., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

and Baktiva was studied on plants of the spring naked-grain barley variety Natair, grown in plastic pots containing podzolized heavy loam black soil in accordance with the requirements of the vegetative method. The experimental design included treatments involving pre-sowing seed treatment with the biological preparation Biozlak at rates calculated as the equivalent of 1.0, 1.25 and 1.5 l/t, and the application of the biological preparation Baktiva at a rate of 250 g per hectare. Naked barley seeds were treated with the biological preparation Biozlak one day before sowing. Against the background of treating the naked barley seeds with Biozlak the plants in the three-leaf stage were sprayed with the biological preparation Baktiva at a rate of 250 g/ha. The experiment was repeated four times.

It has been established that, when various application rates of the biological preparation Biozlak are used in combination with Baktiva, the activity of redox enzymes in spring naked barley plants increases and reaches its highest level when Biozlak is used at a rate of 1.5 l/ha, followed by spraying the treated plants with Baktiva at a rate of 250 g/ha, corresponding to catalase activity on the fifth and tenth days of measurement of 7.4–8.3 μmol of decomposed H_2O_2 , peroxidase – 19.5–20.7 μmol of oxidised guaiacol, and polyphenol oxidase – 7.7–9.8 μmol of oxidised ascorbic acid in line with the control, which may indicate an intensification of metabolic processes in plants, in which oxidative enzymes are the active and direct participants within the plant organism.

Key words: spring naked barley, biological agents, catalase, peroxidase, polyphenol oxidase.

Постановка проблеми. Рослини упродовж онтогенезу виробляють захисні механізми до впливу несприятливих чинників зовнішнього середовища, у тому числі пестицидів, синтетичних добрив, які здатні викликати стрес. Пристосування рослин до негативної дії чинників відбуваються через адаптаційні механізми, що сформувалися в процесі еволюційного розвитку. Чим більше механізмів адаптації використовується рослиною одночасно на самих різних рівнях онтогенезу, тим організм набуває потужнішої стійкості [1, с. 36–38; 2, с. 16]. Серед реакцій рослини на стрес є активація ферментативної активності окисно-відновного характеру дії (каталази, пероксидази, поліфенолоксидази), за якої підвищується антиоксидантний статус рослин [3, с. 34–34; 4, с. 28–34]. Тому, нині широкого значення набуває питання вивчення механізмів підвищення ферментативної активності рослин, задля чого пропонується використання біологічних препаратів з рістстимулювальними властивостями [5, с. 3]. Зважаючи на це, ферментативні процеси в рослинах за розрізної і комплексної дії біологічних препаратів знаходяться на етапі вивчення, а у рослинах ячменю ярого голозерного практично не досліджувалися, що є нині досить актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Біологічні препарати виявляють комплексний вплив на фізіолого-біохімічні процеси в рослинах, що супроводжуються змінами в роботі антиоксидантної ферментативної системи [6, с. 163–165; 7, с. 25].

Встановлено [8, с. 35–37], що за обробки насіння чини посівної перед сівбою сумішню біологічних препаратів Біонеостим та Вермистим Д з наступною обробкою вегетуючих рослин Вермистим Д активність каталази в листках зростає на 28–36%, пероксидази – 34–40%, поліфенолоксидази – 47–77%. Також ряд науковців [9, с. 354–356; 10, с. 21–23; 11, с. 23] констатують, що біологічні препарати впливають на перебіг ферментативних, ростових і продукційних процесів у культурних рослинах у різні фази їх розвитку, але в більшості випадків стимулюють проходження фотосинтетичних процесів.

Дослідженнями К. Ю. Марченко [12, с. 46–48] встановлено, що за дії мікробного препарату Меланоріз і регулятора росту рослин Агролайт у рослинах вівса голозерного активність ферменту каталази підвищувалася на 31–48%, пероксидази – 32–46%, поліфенолоксидази – 28–41%.

Науковці [13, с. 9–11; 14, с. 88–91; 15, с. 98–100] стверджують, що більшість біологічних препаратів стимулюють ферментативну активність сільськогосподарських культур, що супроводжується збільшенням площі їх листового апарату, вмісту хлорофілу та показників чистої продуктивності фотосинтезу.

Зважаючи на важливість питання розрізненого та комплексного використання біологічних препаратів у посівах сільськогосподарських культур, доцільним було встановити як вони впливають на функціонування окремих ферментів класу оксидоредуктаз (каталази, пероксидази і поліфенолоксидази) у рослинах ячменю ярого голозерного.

Постановка завдання. Дослідження виконували у суворо контрольованих лабораторних умовах кафедри біології Уманського національного університету у 2025 році. Дію біологічних препаратів Біозлак (*Pseudomonas aureofaciens* BS1393, титр $2,0 \times 10^9$ КУО/мл, виробник – ТОВ «БІОНАСЕРВІС ПЛЮС», Україна) та Бактива (*Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus Polymyxa*, *Bacillus lincheniformis*, *Pseudomonas fluorescens* – 1×10^8 КУО/г препарату, корисні гриби *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma reesei*, *Trichoderma viride*, *Gliocladium virens* – 1×10^8 спор/г препарату; *Ascophyllum nodosum* – 5,1%, ТОВ «Хімагромаркетинг», Україна, виробник – ТОВ «Бактива», Німеччина) вивчали на рослинах ячменю ярого голозерного сорту Натаір, що вирощувалися в пластикових посудинах з чорноземом опідзоленим важкосуглинковим з дотриманням вимог вегетаційного методу [16, с. 17–24]. Схема досліду включала варіанти з обробкою насіння перед сівбою біологічним препаратом Біозлак у нормах, розрахованих як еквівалент виробничим 1,0; 1,25; 1,5 л/т та застосуванням на їх фоні біопрепарату Бактива з розрахунку та переведенням на гектарну норму 250 г. Насіння ячменю голозерного за добу до сівби обробляли біопрепаратом Біозлак. На фоні обробки насіння ячменю голозерного Біозлаком рослини у фазі трьох листків обприскували біологічним препаратом Бактива в нормі 250 г/га. Деталізацію схеми досліду приведено у таблицях. Повторність досліду – чотирихразова.

Активність ферментів класу оксидоредуктаз – каталази (КФ 1.11.1.6), пероксидази (КФ 1.11.1.7) і поліфенолоксидази (КФ 1.14.18.1) у листках ячменю ярого голозерного визначали в зразках листків, відібраних на п'яту та десятю добу після обприскування рослин біологічним препаратом Бактива за методиками, описаними Х. М. Починком [17, с. 34–42]. Статистичну обробку даних виконували в програмі Microsoft Office Excel за методом дисперсійного аналізу [16, с. 75–81].

Виклад основного матеріалу дослідження. Результати досліджень засвідчили зміну ферментативної активності рослин залежно від норм та способів застосування біологічних препаратів Біозлак і Бактива. Так, на п'яту добу досліджень, за використання для передпосівної обробки насіння ячменю ярого голозерного Біозлаку у нормах 1,0; 1,25; 1,5 л/т активність каталази у порівнянні з контролем зростала зі збільшенням норми препарату на 3,3; 4,0; 4,6 мкМоль розкладеного H_2O_2 /г сирової речовини за 1 хв. відповідно (табл. 1).

За посихового використання біологічного препарату Бактива (250 г/га) активність каталази зростала відносно контрольного варіанту на 2,1 мкМоль розкладеного H_2O_2 . Найвищу активність каталази у листках ячменю ярого голозерного було відмічено за використання для передпосівної обробки насіння Біозлаку (1,0; 1,25; 1,5 л/т) з наступним обприскуванням рослин Бактивою (250 г/га), де у порівнянні до варіантів лише з передпосівною обробкою насіння Біозлаком було відмічено зростання активності каталази на 2,2–2,8 мкМоль окисненого H_2O_2 /г сирової речовини за 1 хв. Ці ж варіанти досліду у порівнянні до контролю забезпечили

зростання активності каталази відповідно на 5,1–7,4 мкМоль окисненого H_2O_2 /г сирової речовини за 1 хв.

Подібна активність ферменту каталази спостерігалась і на десяту добу досліджень (табл. 2), найвищою вона була у варіантах, де біологічний препарат Біозлак застосовували у нормах 1,0; 1,25; 1,5 л/т з наступним обприскуванням по даному фону рослин Бактивою у норм 250 г/га, що перевищувало контрольний варіант на 5,8; 6,9; 8,3 мкМоль окисненого H_2O_2 /г сирової речовини за 1 хв. відповідно до норм біологічного препарату Бактива за $НІР_{01}$ 1,1.

Таблиця 1

Активність ферментів у листках ячменю ярого голозерного за дії біологічних препаратів Біозлак і Бактива (п'ята доба)

Варіант досліджу	Каталаза, мкМоль розкладеного H_2O_2 /г сирової речовини за 1 хв.	Пероксидаза, мкМоль окисненого гваяколу/г сирової маси за 1 хв.	Поліфенол-оксидаза, мкМоль окисненої аскорбінової кислоти/г сирової маси за 1 хв.
Без застосування препаратів (контроль)	11,3	51,4	17,5
Біозлак 1,0 л/т	14,6	56,5	19,8
Біозлак 1,25 л/т	15,3	59,6	21,0
Біозлак 1,5 л/т	15,9	61,7	22,1
Бактива 250 г/га	13,4	54,5	19,3
Біозлак 1,0 л/т + Бактива 250 г/га	16,4	62,7	22,8
Біозлак 1,25 л/т + Бактива 250 г/га	17,3	64,3	24,3
Біозлак 1,5 л/т + Бактива 250 г/га	18,7	70,9	25,2
$НІР_{01}$	1,3	2,7	1,0

Щодо активності інших ферментів – пероксидази й поліфенолоксидази, то в умовах вегетаційного досліджу вона також перевищувала контрольні показники (табл. 1, 2). Зокрема, на п'яту добу досліджень за використання Біозлаку в нормах 1,0; 1,25; 1,5 л/т для обробки насіння перед сівбою активність пероксидази зростала відповідно від 5,1 до 10,3 мкМоль окисненого гваяколу, поліфенолоксидази – від 2,3 до 4,6 мкМоль окисненої аскорбінової кислоти при показниках у контролі – 51,4 і 17,5 відповідно. За використання для передпосівної обробки насіння ячменю ярого голозерного Біозлаку у досліджуваних нормах із посходовим застосуванням Бактиви активність пероксидази була у межах від 62,7 до 70,9 мкМоль окисненого гваяколу, поліфенолоксидази – від 22,8 до 25,2 мкМоль окисненої аскорбінової кислоти, що перевищувало контроль на 22–38% і 30–44% відповідно.

Застосування біологічного препарату Бактива у нормі 250 г/га забезпечувало підвищення активності пероксидази, на п'яту добу досліджень, у порівнянні із контролем на 3,1 мкМоль окисненого гваяколу, поліфенолоксидази – на 1,8 мкМоль окисненої аскорбінової кислоти відповідно.

Подібна залежність в активності пероксидази і поліфенолоксидази була відмічена і на десяту добу досліджень (табл. 2), проте найвищою вона була у варіантах із передпосівною обробкою насіння біологічним препаратом Біозлак (1,0; 1,25; 1,5 л/т) з наступною обробкою рослин Бактивою у нормі 250 г/га, де перевищення

контролю за активністю пероксидази складало 13,1; 18,4 і 20,7 мкМоль окисненого гваяколу за HP_{01} 3,0; поліфенолоксидази – 7,3; 8,4 і 9,8 мкМоль окисненої аскорбінової кислоти/г сирової маси за 1 хв. відповідно за HP_{01} 1,3. Достовірність одержаних даних узгоджується з даними статистичної обробки та рівнем зростання в рослинах обмінних процесів, у результаті яких нагромаджуються фенольні сполуки, пероксид водню, що є субстратами для оксидативних ферментів. Подібного твердження припускаються й інші автори [8, с. 35–37; 12, с. 46–48; 18, с. 63–64].

Таблиця 2

Активність ферментів у листках ячменю ярого голозерного за дії біологічних препаратів Біозлак і Бактива (десята доба)

Варіант досліджу	Каталаза, мкМоль розкладеного H_2O_2 /г сирової речовини за 1 хв.	Пероксидаза, мкМоль окисненого гваяколу/г сирової маси за 1 хв.	Поліфенол-оксидаза, мкМоль окисненої аскорбінової кислоти/г сирової маси за 1 хв.
Без застосування препаратів (контроль)	15,1	65,7	20,9
Біозлак 1,0 л/т	19,0	70,3	24,9
Біозлак 1,25 л/т	19,8	73,6	26,1
Біозлак 1,5 л/т	20,5	77,5	27,4
Бактива 250 г/га	17,7	67,7	23,6
Біозлак 1,0 л/т + Бактива 250 г/га	20,9	78,8	28,2
Біозлак 1,25 л/т + Бактива 250 г/га	22,0	84,1	29,3
Біозлак 1,5 л/т + Бактива 250 г/га	23,4	86,4	30,7
HP_{01}	1,1	3,0	1,3

Висновки. За комплексного застосування різних норм біологічних препаратів Біозлак з Бактивою активність окисно-відновних ферментів у рослинах ячменю ярого голозерного зростає і досягає найвищого рівня за сумісного використання для обробки насіння перед сівбою Біозлаку в нормі 1,5 л/т з наступним обприскуванням по даному фону рослин Бактивою у нормі 250 г/га, що відповідає активності каталази на п'яту й десятю добу визначення 7,4–8,3 мкМоль розкладеного H_2O_2 , пероксидази – 19,5–20,7 мкМоль окисненого гваяколу, поліфенолоксидази – 7,7–9,8 мкМоль окисненої аскорбінової кислоти/г сирової маси за 1 хв. відповідно до контролю та може свідчити про інтенсифікацію проходження в рослинах обмінних процесів, активними та безпосередніми учасниками яких у рослинному організмі є оксидативні ферменти.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Krasnoshtan V., Karpenko V., Prytuliak R., Leontiuk I., Datsenko A. Lipoperoxidation Processes in Grain Sorghum under the Effect of a Herbicide, Plant Growth Regulator, and a Biopreparation. Scientific Horizons. 2021. Vol. 24, № 9. P. 36–43. DOI: 10.48077/scihor.24(9).
2. Пономаренко С. П. Створення та впровадження нових регуляторів росту рослин в агропромисловому комплексі України. Ефективність хімічних засобів у підвищенні продуктивності сільськогосподарських культур: зб. наук. праць. Уманської державної аграрної академії. Умань, 2001. С. 15–23.

3. Noctor, G., Lelarge-Trouverie C., Mhamdi A. The metabolomics of oxidative stress. *Phytochem.* 2015. Vol. 112. P. 33–53.
4. Карпенко В. П., Притуляк Р. М., Чернега А. О. Розробка елементів біологізованих технологій вирощування сільськогосподарських культур з використанням регуляторів росту рослин і гербіцидів; за ред. В. П. Карпенка. Умань : Видавець „Сочінський”, 2016. 357 с.
5. Карпенко В. П., Марченко К. Ю. Активність антиоксидантних ферментів у рослинах вівса голозерного за дії мікробного препарату і регулятора росту рослин. *Зб. наук. праць Уманського НУС.* Умань. 2020. Випуск 96. Ч.1. С. 9–23. DOI: 10.31395/2415-8240-2020-96-1-9-23.
6. Foyer C., Noctor G. Redox regulation in photosynthetic organisms: Signaling, acclimation and practical implications. *Antioxidants and Redox Signaling.* 2009. № 11. P. 862–905.
7. Грицаєнко З. М., Притуляк Р. М. Вплив Пріми, Пуми супер і Біолану на активність антиоксидантних ферментних систем в рослинах тритикале озимого. *Тези наукової конференції.* Умань. 2009. Ч. 1. С. 25.
8. Біологізована технологія вирощування чини посівної : монографія / В. П. Карпенко, Р. М. Притуляк, О. В. Тодосійчук, А. П. Березовський, А. О. Чернега. Умань : Видавець «Сочінський М. М.», 2025. 104 с.
9. Sateesh Kagale., Divi Uday K., Krochko Joan E. [et al.]. Brassinosteroid confers tolerance in *Arabidopsis thaliana* and *Brassica napus* to a range of abiotic stresses. *Planta.* 2007. 225. № 2. P. 353–364.
10. Карпенко В. П., Притуляк Р. М., Березовський А. П. Активність ферментів чини посівної за обробки Біонеостимом та Вермистимом Д. *Збірник наукових праць Уманського НУ.* 2025. Випуск 107. Частина 1. С. 20–26. DOI: 10.32782/2415-8240-2025-107-1-20-26
11. Даценко А. А. Активність окремих ферментів антиоксидантної системи гречки за дії біологічних препаратів. *Матеріали Міжнар. наук.–практ. конференції [Актуальні питання сучасної аграрної науки], (Умань, 19–20 листопада 2014 р.).* Умань, 2014. С. 22–24.
12. Марченко К. Ю. Активність окремих ферментів класу оксидоредуктаз у рослинах вівса голозерного за використання біологічних препаратів. *The 5th International scientific and practical conference “European scientific discussions” (March 28–30, 2021) Potere della ragione Editore, Rome. Italy.* 2021. P. 45–48.
13. Тодосійчук О. В. Вміст хлорофілу й чиста продуктивність фотосинтезу чини посівної за дії біологічних препаратів. *Вісник Уманського НУС.* 2024. № 2. С. 7–12. DOI: 10.32782/2310-0478-2024-2-7-12
14. Rebetzke G. J., Ellis M. H., Bonnett D. G. [et al.]. Height reduction and agronomic performance for selected gibberellin-responsive dwarfing genes in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Field Crops Research.* 2012. Vol. 126. № 14. P. 87–96.
15. Карпенко В. П., Даценко А. А., Притуляк Р. М. та ін. Біологізована технологія вирощування гречки: монографія; за ред. В. П. Карпенка. Умань: Видавець «Сочінський М. М.». 2020. 132 с.
16. Методика наукових досліджень в агрономії. / Ю. Г. Міщенко, В. І. Прасол, Г. А. Давиденко, І. М. Масик, Е. Р. Ермантраут, В. П. Гудзь, Суми: СНАУ. 2024. 103 с.
17. Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В. П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. Київ: Нічлава. 2003. 320 с.
18. Карпенко В. П., Павлишин С. В. Активність антиоксидантних ферментів у рослинах пшениці полби звичайної за дії гербіциду Пріма Форте 195 і регулятора росту рослин Вуксал БІО Vita. *Вісник аграрної науки Причорномор’я.* 2018. № 3 (99). С.61–65. DOI: 10.31521/2313-092X/2018-3(99)-10.

Дата першого надходження статті до видання: 01.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 633.51:631.03(833)

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.1.12>

ВПЛИВ АБІОТИЧНОГО СТРЕСУ НА ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЮ БАВОВНИКУ В УМОВАХ ПІВДЕННОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

Боровик В.О. – д.с.-г.н., старший науковий співробітник

відділу селекції с.-г. культур,

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства

Національної академії аграрних наук України

orcid.org/0000-0003-0705-2105

Мальцева О.П. – аспірантка відділу селекції с.-г. культур,

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства

Національної академії аграрних наук України

orcid.org/0009-0009-1002-8924

Анотація. Мінімізація негативного впливу несприятливих погодних чинників є одним із ключових завдань технології вирощування бавовнику в умовах Південного Степу України. У зв'язку з цим актуальним є пошук і впровадження альтернативних механізмів підвищення стійкості рослин до стресових умов вирощування. Мета дослідження полягала у відборі колекційних зразків бавовнику, толерантних до кліматичних змін, для подальшого використання в селекції за умов зрошення з обмеженими поливними нормами. Наукові пошуки були спрямовані на відбір зразків, у яких найбільш виразно проявляються механізми підтримання нормального росту й розвитку за посухи. У дослідженнях застосовували польові, лабораторні та статистичні методи. Результати, отримані протягом 2023–2024 рр. засвідчили, що рослини, вирощені за зрошення, відрізнялися морфологічними та фізіологічними характеристиками від тих, що росли в умовах дефіциту вологи. За умов зрошення зразки 510у, К 56 та Популяція 3 характеризувалися більш розвиненою листковою поверхнею (28,96; 26,40 та 26,30 дм²/рослину відповідно), вищим відносним вмістом води (62,21; 61,14 та 62,43 %) і меншою втратою вологи листям (0,28; 0,32 та 0,36 мг). Завдяки цьому вони зберігали більший відсоток коробочок за умов стресу від посухи – 14,11; 10,40 та 10,35 %. Кореляційний аналіз виявив, що температура листя здебільшого пов'язана з висотою рослин і площею листової поверхні за обох умов вирощування. Водночас відносний вміст води мав позитивний зв'язок із висотою рослин та відсотком збережених коробочок у різних умовах вирощування. Листкова поверхня позитивно корелювала з відносним вмістом води в оптимальних і посушливих умовах, а також із часткою збережених коробочок під час стресу. Натомість втрата вологи листям мала від'ємний зв'язок із цим показником за обох режимів вирощування. Висота рослин також негативно корелювала з відсотком збережених коробочок у різних умовах. Отримані результати можуть стати корисними для селекціонерів під час формування моделі генотипу бавовнику, пристосованого до екологічних стресів у контексті кліматичних змін.

Ключові слова: генотип рослин; тривалість періоду вегетації; толерантність; зрошення; неполивні умови

Borovyk V., Maltseva O. Influence of Abiotic Stress on Cotton Yield Formation under the Conditions of the Southern Steppe of Ukraine

Abstract. Minimizing the negative impact of adverse weather conditions is one of the key objectives of cotton cultivation technology in the Southern Steppe of Ukraine. In this regard, the search for and implementation of alternative mechanisms to enhance plant resistance to stress conditions is highly relevant. The aim of the study was to identify collection cotton accessions tolerant to climate change for further use in breeding under irrigation with reduced water rates. The research focused on selecting genotypes exhibiting the most pronounced mechanisms for



© Боровик В.О., Мальцева О.П., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

maintaining normal growth and development under drought conditions. Field, laboratory, and statistical methods were employed. The results obtained in 2023–2024 demonstrated that plants grown under irrigation differed in morphological and physiological characteristics from those cultivated under moisture deficit. Under irrigation, accessions 510u, K 56, and Population 3 were characterized by a more developed leaf area (28.96, 26.40, and 26.30 dm² per plant, respectively), higher relative water content (62.21, 61.14, and 62.43%), and lower leaf moisture loss (0.28, 0.32, and 0.36 mg). As a result, they maintained a higher percentage of bolls under drought stress conditions (14.11, 10.40, and 10.35%, respectively). Correlation analysis revealed that leaf temperature was mainly associated with plant height and leaf area under both growing conditions. At the same time, relative water content showed a positive relationship with plant height and the percentage of retained bolls under different cultivation conditions. Leaf area positively correlated with relative water content under both optimal and drought conditions, as well as with the proportion of retained bolls under stress. In contrast, leaf moisture loss exhibited a negative correlation with this trait under both irrigation regimes. Plant height also showed a negative correlation with the percentage of retained bolls under different growing conditions. The obtained results may be useful for breeders in developing a cotton genotype model adapted to environmental stresses in the context of climate change.

Key words: plant genetic resources; vegetation period duration; tolerance; irrigation; rainfed conditions.

Постановка проблеми. Зменшити дію несприятливих погодних умов зовнішнього середовища на рослини – основна проблема, яку необхідно вирішувати при вирощуванні бавовнику в умовах Південного Степу України. Оскільки південь України – це одна з північніших зон вирощування бавовнику, великі зрошувальні норми поливу тут, більше 1000 м³/га, вважаються неефективними, так як вони подовжують вегетацію культури, внаслідок чого не встигають відкритися всі коробочки до морозу. Саме тому необхідно використовувати інші механізми подолання стресу рослинами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Одним із способів подолання стресу є створення сортів стійких до посухи. Для цього селекціонер повинен володіти відповідним вихідним колекційним матеріалом.

Науковці M. Janni *et al.* [1] стверджують, що екстремальна температура та посуха впливають на ріст і розвиток рослин. За результатами дослідження S. Zafar *et al.* [2, с. 258-266], серед різних стресів температурний проявляє дуже негативну дію на рослини бавовнику, особливо в період сходів, фази цвітіння рослин та формування коробочок. Вивченню реакції рослин на абіотичний стрес присвячені численні дослідження науковців всього світу. Дослідники довели, що знання про пристосованість бавовнику до абіотичних несприятливих умов і виведення нових сортів стійкого бавовнику мають велике практичне значення.

Вирощування бавовнику стикається з кількома проблемами через зміну кліматичних умов, які зрештою знижують продуктивність культури. На думку M. Naseer *et al.* [3, с. 1125-1137] великої шкоди рослинам бавовнику завдає абіотичний стрес від посухи шляхом формування низьких врожаїв. Також науковцями Zhangjin *et al.* [4, с. 55] доведено, що за дефіциту вологи під час вегетації рослини бавовнику також потерпають від стресу. За результатами дослідження H. Gören and U. Tan [5, с. 17584], найбільш критичним є період, коли рослина знаходиться у фазі цвітіння. Висока температура шкідлива для пилку, що спричиняє чоловічу стерильність і погіршує його життєздатність, зрештою знижуючи збереження коробочок і негативно впливаючи на кінцевий урожай. Високі температури протягом тривалого часу вегетації бавовнику спричиняє в'янення листя та осипання коробочок, а також знижує фотосинтез. Рослини бавовнику, які піддавалися комбінованому режиму високих денних і нічних температур (20/15, 30/20, 35/25 і 40/30 °C), продемонстрували кращий ріст при 35/25 °C, а більш обмежений – при 40/30 °C.

М. Yousaf *et al.* [6] стверджують, що високі температури значно зменшують висоту рослини, а також кількість вузлів та симподіальних гілок на рослину. Автори D. Saini *et al.* [7, с. 16] припускають, що, ймовірно, це відбувається через зменшення міжвузлової відстані, вмісту хлорофілу та чистого фотосинтезу, що призводить до зменшення доступності фотосинтату. М. Georgieva and V. Vassileva [8, с. 6] стверджують, що існують різні механізми регулювання нормальної вегетації та формування врожаю. На думку R. Shelake *et al.* [9, с. 15] селекція рослин та їх тривале одомашнення зробили сорти сільськогосподарських культур вразливими до багатьох стресових факторів. Дослідники М. Asargew *et al.* [10] установили, що самі рослини виробляють механізми протистояння різним стресам. Вони регулюють ефективне використання води за допомогою продихів, глибокої кореневої системи, яка окрім вологи, допомагає рослині отримувати і поживні речовини із нижніх шарів ґрунту. Тому, на думку R. Koreská *et al.* [11, с. 7] вивчення механізмів стійкості рослин до стресів для подальшого використання цих знань на практиці – є ключовим моментом сталого розвитку сільського господарства.

З метою меншої залежності сільського господарства від кліматичних умов та їх значного впливу в короткостроковій перспективі, науковці радять використовувати сорти, адаптовані до змін клімату. Для створення таких сортів D. Naseur and H. Cheikh-mhamed [12, с. 1] рекомендують використовувати індекси посухостійкості, що базуються на врожайності рослин, які зрошуються, оскільки T. Ramzan *et al.* [13] вважають, що вода є вирішальним елементом для різних процесів рослин, зокрема для проростання та формування врожаю. Інші автори, Z. Xu *et al.* [14] для боротьби з абіотичним стресом пропонують створювати сорти стійкі до дефіциту води, методом гібридизації з послідовним багаторазовим добором, шляхом селекції з використанням морфологічних маркерів. Урожайність рослин бавовнику – це комплексна біометрична ознака. Українські науковці R. Vozhehova *et al.* [15, С. 313-318] вважають, що для його збільшення необхідне покращення різних ознак елементів продуктивності шляхом використання для гібридизації вихідного матеріалу, стійкого до змін зовнішнього середовища.

Постановка завдання. Метою досліджень було виділення із колекції зразків, толерантних до зміни клімату для використання їх в подальшій селекції при створенні нових сортів, стійких до абіотичних стресів з чітко вираженими механізмами регулювання нормального росту та розвитку в умовах посухи.

Матеріали і методи досліджень. Експерименти проводили в Інституті кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук (НААН) впродовж 2023-2024 рр. Предметом досліджень слугували 22 зразки бавовнику. Агротехнічні умови проведення дослідів були загальноприйняті для Південного Степу України на темно-каштанових середньосуглинкових слабо солонцюватих ґрунтах. Землі Інституту розташовані на правому березі Дніпра, Дніпровського району м. Херсон в зоні Інгулецької зрошувальної системи. Зрошення забезпечувалось поливною водою з річки Інгулець. За аніонним складом вода хлоридно-сульфатна, за DSTU 2730:2015 (2015) відноситься до II класу (обмежено придатна для зрошення). Ґрунт дослідних ділянок – темно-каштановий середньосуглинковий слабкосолонцюватий на карбонатному лесі, типовий для зрошуваної зони півдня України.

У темно-каштанових ґрунтах наступний валовий вміст елементів: азоту – 0,112–0,164%, фосфору – 0,068–0,090 і калію – 2,10–2,33%. Вміст рухомих форм азоту низький, фосфору – середній, калію – середній та підвищений. В орному шарі темно-каштанових ґрунтів міститься 2–3% гумусу, кількість якого з глибиною

поступово зменшується. Ємність поглинання темно-каштанових слабкосолонцюватих ґрунтів становить 30,5 мг-екв/100 г ґрунту, причому на долю кальцію приходить 21,3, магнію – 6,3, натрію – 1,3 та калію – 1,6 мг-екв. В метровому шарі ґрунту найменша вологоємність (НВ) – 21,3%, вологість в'янення (ВВ) – 9,5% від маси сухого ґрунту, щільність будови – 1,41 т/м³, рН водної витяжки орного шару ґрунту дорівнює 6,8–7,2. Підґрунтові води залягають на глибині 18–20 м і практично не впливають на водно-повітряний режим зони активного водообміну. Тобто, фізико-хімічні та водно-фізичні та властивості ґрунтового покриття дослідних ділянок відділу, є задовільними для вирощування бавовнику.

Попередник – озима пшениця. Під передпосівну культивування було внесено 1 ц/га аміачної селітри. Сівбу проводили в першій декаді травня, коли температура ґрунту на глибині 5 см досягла 18–20 °С. Ділянки однорядкові довжиною 3 м, відстань у рядку між рослинами 15 см. Через кожні 9 номерів розміщували стандарт, в якості якого використовували районований сорт бавовнику Підозерський 4 селекції Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН. Бавовник вирощували за природного зволоження ґрунту (за стресових умов) та за рекомендованої технології – з 2 поливами у період вегетації культури нормою 400 м³ води на гектар. Оцінку за ознаками проводили за методикою V. Volkodav [16] Морфологічний опис, класифікацію за господарськими властивостями робили згідно з довідником роду *Gossypium hirsutum* L. [17, с. 35–49] Дані щодо морфологічних ознак, тобто вимірювання висоти рослини та підрахунок збережених коробочок, отримували під час дозрівання культури. Висоту рослини вимірювали від рівня поверхні ґрунту до верхньої частини рослини. Загальну кількість збережених коробочок було розраховано за наступною формулою M. Iqbal *et al.* [18, с. 113]:

$$BR\% = (BR_o / BR_B) \times 100, \quad (1)$$

де BR% – збережені коробочки; BR_o – сумарна кількість відкритих коробочок, штук; BR_B – сумарна кількість сформованих бутонів.

Вимір площі листя в динаміці у фазу масове цвітіння методом висічок: листки з проби зважували з точністю до другого знаку після коми, спеціальним ключем визначеного діаметру робили висічки. Розрахунок проводився за формулою:

$$S_L = (P \times S_1) / (P_1 \times n) \text{ см}^2, \quad (2)$$

де S – площа листя однієї рослини, см²; P – маса листя всіх (n) рослин, г; S₁ – площа висічок (дисків), см²; P₁ – маса всіх висічок, г; n – кількість відібраних рослин, які складають середній зразок, шт.

Метеорологічні показники, які визначали погодні умови при вирощуванні бавовнику, надані обласним центром з гідрометеорології, місто Херсон. Дослідження фізіологічних параметрів проводились в період цвітіння бавовнику, тобто 28 липня об 11-й годині. Температуру листя у рослин бавовнику вимірювали лазерним термометром. Різницю температур листя та повітря розраховували для кожного зразка рослини на контролі і під впливом стресу за такою формулою [19, с. 14]:

$$\Delta T = T_L - T_A, \quad (3)$$

де T_L – температура листя; T_A – температура повітря.

Відносний вміст води [20, с. 289–292] і втрату води у вирізаних листках [21, с. 571–578] оцінювали за такими формулами:

Відносний вміст води [19] розраховували за формулою:

$$RWC = (C_{вМ} - C_{уМ}) / (TM - C_{уМ}) \times 100, \quad (4)$$

де RWC – відносний вміст води; $C_{вМ}$ – свіжа маса; $C_{уМ}$ – суха маса; TM – тургідна маса.

Витрати вологи листям (Clarke *et al.*, 1986) визначали за формулою:

$$ELWL = (C_{вМ} - 3М) / C_{уМ}, \quad (5)$$

де ELWL – витрати вологи листям; $C_{вМ}$ – свіжа маса листя; 3М – зів'яла маса листя; $C_{уМ}$ – суха маса листя.

Виклад основного матеріалу дослідження. Виробництво та врожайність бавовнику можна збільшити покращенням фотосинтетичної здатності листя, оптимізацією структури куща, збільшенням загальної кількості накопичення сухої речовини рослинами, а також підвищенням сформованих кількості і маси коробочок на рослину. Як видно з табл. 1, висота зразків у стресових умовах знаходилась у межах 49.2 – 80.5 см, в оптимальних – 59.5 – 99.0 см, тобто на 10.3 – 18.5 см рослини були вищими або на 20.9 – 23.0 %.

Таблиця 1

Морфологічні та фізіологічні показники зразків бавовнику колекційного розсаднику за різних умов вирощування (середнє за 2023-2024 рр.)

№ п/п	Назва зразка	Умови вирощування	Висота Рослин, см	Площа листової поверхні, дм^2 /рослину	Температура. листя-повітря, $^{\circ}\text{C}$	Відносний вміст води, %	Втрата вологи листям, мг	Збережено коробочок, %
1	Підозерський 4, стандарт	S *	64.1	22.90	-0,65	52.01	0.54	9.11
		O*	75.2	25.22	-1,03	69.13	1.05	13.21
2	510у	S	56.5	21.91	-0.33	56.18	0.74	9.68
		O	99.0	29.96	-0.94	62.21	1.35	14.11
3	1718у	S	66.5	19.17	-0.29	45.27	0.45	6.17
		O	78.0	28.25	-0.93	62.90	1.20	9.89
4	К 11	S	62.5	21.14	-0.40	59.37	0.45	8.01
		O	84.5	25.10	-0.50	64.71	0.90	9.50
5	К 103	S	71.0	22.17	-0.19	47.42	0.40	6.23
		O	82.5	25.06	-0.35	61.14	0.87	8.80
6	417у	S	59.0	18.31	-0.01	43.74	0.40	6.39
		O	78.8	25.80	-0.30	58.32	0.83	9.00
7	К 56	S	77.5	19.21	-0.23	52.30	0.61	8.93
		O	82.0	26.40	-0.71	61.14	1.22	10.40
8	К 91	S	57.5	19.11	-0.30	53.89	0.52	7.51
		O	62.5	25.03	-0.96	60.14	1.01	9.80
9	К 111	S	61.6	18.15	0.61	54.79	0.47	5.51
		O	82.5	22.27	0.05	63.11	0.88	8.30
10	Популяція 9	S	59.0	19.19	0.50	56.68	0.55	7.39
		O	85.5	25.40	0.25	60.91	0.98	8.90
11	452у	S	57.1	20.17	-0.30	60.55	0.28	6.88
		O	65.5	25.69	-0.15	55.16	0.72	7.90

Продовження таблиці 1

№ п/п	Назва зразка	Умови вирощування	Висота Рослин, см	Площа листової поверхні, дм ² /рослину	Температура. листя-повітря, °С	Відносний вміст води, %	Втрата вологи листям, мг	Збережено коробочок, %
12	Популяція 3	S	65.3	18.11	-0.19	59.00	0.35	8.08
		O	78.5	26.30	-0.40	62.43	1.26	10.35
13	127/14	S	49.2	17.19	-0.81	50.48	0.62	7.45
		O	59.5	26.65	-0.42	60.90	1.12	9.90
14	3988y	S	71.2	18.29	-0.14	55.24	0.47	7.33
		O	85.3	26.58	-0.40	62.80	0.96	9.20
15	K 103	S	52.1	17.10	0.41	46.50	0.41	7.03
		O	60.4	25.60	0.30	59.12	0.78	8.60
16	501y	S	71.5	18.31	0.16	42.01	0.47	5.30
		O	80.0	25.49	-0.10	58.05	0.65	7.41
17	K 113	S	80.5	17.21	0.31	40.70	0.70	6.80
		O	95.6	25.80	-0.37	59.91	1.10	9.94
18	507y	S	84.9	18.21	1.07	53.07	0.20	6.90
		O	93.5	25.90	-0.44	60.02	0.82	8.34
19	508y	S	78.1	18.16	0.30	54.93	0.36	8.12
		O	91.3	25.03	-0.10	62.23	0.68	9.08
20	509y	S	77.8	22.17	-0.29	54.35	0.30	8.70
		O	76.1	24.36	-0.55	56.24	0.62	9.01
21	500y	S	69.3	18.10	0.28	40.52	0.31	6.60
		O	74.8	26.98	-0.50	59.71	0.46	7.45
22	K 5	S	67.2	17.18	0.27	35.85	0.35	7.02
		O	85.5	25.60	-0.49	53.91	0.80	8.31

Примітка: S* – стресові умови, O* – оптимальні (контрольовані) умови

Тобто, рослини, які вирощувались за оптимальних, зрошуваних контрольованих умов відрізнялись за морфологічними ознаками від рослин, які вегетували на ділянках без поливу в умовах стресу. Згідно з довідником роду *Gossypium hirsutum* L. [17, с. 22] «високою» висотою куща, яка знаходилась у межах 91-105 см та відповідала градації 7 балів, характеризувався лише один зразок – 510y (99 см), який вирощували в оптимальних умовах. «Низьку» висоту (59,5 см) мав 127/14, що відповідає градації 2 або «дуже низька». Площа листової поверхні у зразків бавовнику за контрольованих умов вирощування коливалась у межах 22.27 – 29.56 дм²/рослину, за стресових – 17.10 – 22.17 дм²/рослину.

Найвищі показники площі листової поверхні в оптимальних умовах (на зрошенні) спостерігали у зразків 510y (29.56 дм²/рослину), K 103 (29.06 дм²/рослину), 1718y (28.25 дм²/рослину), 500y (26.98 дм²/рослину), 3988y (26.58 дм²/рослину), у стресових – у стандартного сорту Підозерський 4 (22.29 дм²/рослину), 510y – (21.91 дм²/рослину), K 11 – (21.14 дм²/рослину), K 103 (22.17 дм²/рослину), 452y (20.17 дм²/рослину), 509y – (22.17 дм²/рослину). За оптимальних умов вирощування найвищими параметрами площі листової поверхні характеризувалися стандартний сорт Підозерський 4

(22.90 дм² /рослину) та лінія 510у (29.56 дм² /рослину; за неконтрольованих умов максимальну площу листової поверхні сформували стандартний сорт Підозерський 4 (22.29 дм² /рослину) та зразок 509у (22.17 дм² /рослину). Майже у три рази зменшилась температура листя за зрошуваних умов, у порівнянні з посушливими, у зразків бавовнику 510у (з -0.33 до -0.94 °С), 1718у (з -0.29 до -0.93 °С), 417у (з -0.01 до -0.30 °С) та К 56 (з -0,23 до -0,71 °С), (табл. 2). За оптимальних умов вирощування найнижчі показники температури листя зафіксовано у К 91 – -0.96 °С, найвищі 0.61 °С – у К 111, за стресових – -0,65 °С у стандартного сорту Підозерський 4 та 1.07°С – у 507у, відповідно.

За оптимальних умов вирощування зразки 510у, 1718у, К 11, К 103, К 56, К 111, Популяція 3, 3988у, 508 у – мали відносний вміст води в рослинах більше 60.00 %. У Підозерського 4 спостерігались найбільші показники (69.13 %) відносного вмісту води, у вище названих зразків вони знаходились у межах 64.71 – 62.11 %. Найменший вміст води в рослинах мав К 5 – 53.91 %. У той же час діапазон показників цієї ознаки за неполивних умов спостерігали в рослинах у межах від 35.85 до 55.24 %, найнижчий – у генотипі К 5, найвищий – у 3988у (табл. 1). Високі показники витрати вологи листям за оптимальних умов вирощування на поливі було зафіксовано у генотипів: Підозерський 4 (стандарт), 510у, 1718у, К 56, К 91, 127/14, Популяція 3, К 113, найнижчі – у 500у, 501у, 508у, 509у. Коливання вологи у листі відбувалось від 0.46 до 1.35 мг. За умов природного зволоження ґрунту найбільше витрачали води листям зразки 510у, К 56, 127/14, К 113, найменше – генотипи К 103, 417у, 452у, Популяція 3, 507у, 508у, 509у, 500у, К 5 мг та ін. Показники ознаки за умов стресу знаходились у межах 0.20 – 0.74 мг. Найвищий відсоток збережених коробочок за оптимальних умов спостерігався у 510у (14.11 штук), у стандарту Підозерський 4 (13.21 штук), К 56 (10.40 штук) та Популяція 3 (10.30 штук). Найнижчий відсоток збережених коробочок спостерігався у К 111 (7.30 штук). У стресових умовах максимальну кількість коробочок до збору врожаю збереглася у 510у – 9.68 штук. Найнижчий відсоток збережених коробочок під час посухового стресу спостерігався у 501у (5.30 штук) та К 111 (5.51 штук). Діапазон показників досліджуваної ознаки в умовах посухового стресу становив 5.30 – 9.68 (табл. 1).

Кореляційний аналіз між морфологічними та фізіологічними ознаками показує, що більша кількість досліджуваних зразків корелювала з температурою листя з висотою рослин і площею листової поверхні за обох умов вирощування (табл. 2). Ознака відносного вмісту води мала позитивну кореляцію з висотою рослин та відсотком збережених коробочок за обох умов вирощування. Площа листків мала позитивну кореляцію з відносним вмістом води як за оптимальних умов, так і в умовах посухи, та з відсотком збережених коробочок у стресових умовах. Втрата вологи з листя мала негативну кореляцію з відсотком збережених коробочок за обох умов вирощування. Висота рослин негативно корелює з з відсотком збережених коробочок за обох умов вирощування. В умовах зрошення зразки 510у, К 56, Популяція 3, характеризувались високою площею листової поверхні – 28,96; 26,40 та 26,30 дм² /рослину, відповідно, відносним вмістом води – 62,21; 61,14 та 62,43 %, відповідно, і низькою втратою вологи листям – 0,28; 0,32 та 0,36 мг, відповідно, демонструючи загальну кращу збереженість коробочок під час посухового стресу, а саме: 14,11; 10,40 та 10,35 % (табл. 2).

Таблиця 2

Кореляції між ознаками висота рослини (PH), площа листкової поверхні (S_L), температура листя (T), відносний вміст води (RWC), втрата вологи з листя (ELWL), відсоток збережених коробочок (BR, %)

Досліджувані ознаки	умови	PH	S_L	ELWL	BR	RWC
S_L	O*	0,24				
	S*	0,33				
T	O	0,64	0,06			
	S	0,57	0,11			
RWC	O	0,15	0,44	-0,09		
	S	0,20	0,35	0,22		
ELWL	O	0,05	0,07	0,10	-0,32	
	S	0,15	0,03	0,06	-0,07	
BR	O	-0,34	0,24	-0,23	0,23	0,03
	S	-0,12	0,12	-0,46	0,39	0,006

Примітка: оптимальні умови (O*) і умови посухового стресу (S*) у колекційних зразках бавовнику

Одним із способів подолання стресу є створення сортів стійких до посухи та застосування зрошення. Особливо актуальною є ця проблема для умов Південного Степу України, де селекційні дослідження до 1993 року проводились, в основному, за природного зволоження ґрунту. Південь України – це одна з північніших зон вирощування бавовнику. Тому тривалий час вважалося, що бавовник у цій зоні не потрібно поливати, так як при цьому подовжується тривалість вегетації культури і не встигають відкритися всі коробочки до морозів, що спостерігалися у жовтні. Але зміна умов господарювання, клімату у бік потепління, дослідження науковців довели, що бавовник дуже позитивно реагує на зрошення в умовах Південного Степу України. Установлено, що великі зрошувальні норми поливів, більше 1000 м³/га, у цій зоні вважаються неефективними, оскільки подовжують вегетацію культури, внаслідок чого не встигають відкритися всі коробочки до морозу і поливи тут рекомендується проводити зрошувальною нормою від 400 до 800 м³/га, а в окремі дуже жаркі роки – й 1200 м³/га [22, с. 61-67]. Створені сорти бавовнику за таких умов будуть більш толерантними до абіотичного стресу, посухостійкими, формувати високий доморобний врожай.

Як видно з таблиці 2, на зрошенні рослини бавовнику були кращими за морфологічними та фізіологічними ознаками, починаючи з формування висоти рослин і закінчуючи кількістю збережених коробочок до збору врожаю. Цьому сприяє зміна останніми роками клімату, який став ще більш посушливим, про що зазначають вчені, спостерігаючи глобальні його зміни на планеті [23, с. 3-9]. Не виключенням є зміни клімату і в умовах Південного Степу України [24, с. 18-32].

За підсумком ефективних температур вище 10 °C погодні умови 2024 року були дуже високими і склали 1995 °C. Найближчими до цього показника був 2007 (1891 °C), 2010 (1820 °C) та 2012 роки (1947 °C). Температурні умови червня, липня, серпня і вересня у 2023 році були меншими за середні двоохрічні на 1,5, 2,2, 0,1, та 0,5 °C, відповідно. Щодо опадів, то більша їх кількість спостерігалась у 2023 році в липні-серпні (48,6-52,0 мм), а у 2024 році – у вересні (45,9 мм). Отже, погодні умови зони Півдня України є сприятливим для проведення селекційних робіт по створенню посухостійких сортів як для неполивних, так і для умов зрошення, що є актуальним та важливим.

Таблиця 3

**Характеристика погодних умов за температурою повітря ($^{\circ}\text{C}$)
та кількістю опадів (мм), 2023–2024 рр.**

Місяць	Середньомісячна температура повітря, $^{\circ}\text{C}$			Кількість опадів за місяць, мм		
	2023 р.	2024 р.	Середнє	2023 р.	2024 р.	Середнє
Травень	16.1	16.1	16.1	11.8	19.0	15.4
Червень	21.0	24.0	22.5	34.4	18.8	26.6
Липень	24.0	28.3	26.2	48.6	28.3	38.4
Серпень	25.2	25.4	25.3	52.0	19.8	35.9
Вересень	20.3	21.3	20.8	0.10	45.9	23.0

Дані таблиці 1 свідчать, що показники середньої добової температури повітря у 2024 році перевищували 2023 рік у червні на $3,0^{\circ}\text{C}$, у липні – на $4,3$, у серпні – на $0,2$ і у вересні – на $1,0^{\circ}\text{C}$. Характеристика погодних умов за температурою повітря та кількістю опадів представлені в рис. 1 та 2.

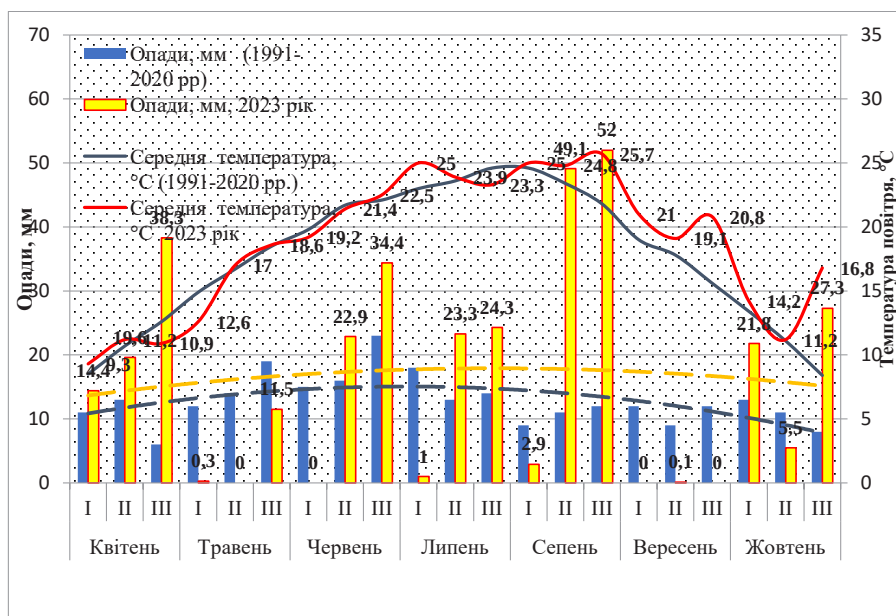


Рис. 1. Температура повітря та опади вегетаційного періоду 2023 р.

Оцінка зразків колекції бавовнику за ознаками висота рослини, площа листової поверхні, температура листя, відносний вміст води, втрата вологи з листя, відсоток збережених коробочок за оптимальних умов і за умов посухового стресу дозволила встановити, що здатність рослини підтримувати нижчу температуру листя в умовах спеки та стресу від посухи сприяє високому відсотку збереження коробочок, що впливає на отримання більшого врожаю [25, С. 9]. У рослин зі здатністю підтримувати прохолодне листя спостерігали вищий відсоток збереження сирцю та стійкість до теплового стресу [26. С. 1]. Тому добір фізіологічно кращих генотипів за умов високотемпературного та посухового стресу доцільно проводити за ознакою

температура листя-повітря ΔT [27]. Морфологічна оцінка зразків показує, що більшість досліджуваних зразків витримують високу температуру, є природно стійкими до теплового стресу. Достовірно відомо, що стрес від посухи зменшує відносний вміст води, що негативно відбивається на проходженні фотосинтезу у рослин бавовнику. У проведеному дослідженні у зразків генофонду з високим відносним вмістом води краще проходив фотосинтез під час посухового стресу. Також, у зразків колекції з вищим відносним вмістом води, до збору врожаю зберігався більший відсоток коробочок і – навпаки, про що свідчить огляд літератури.

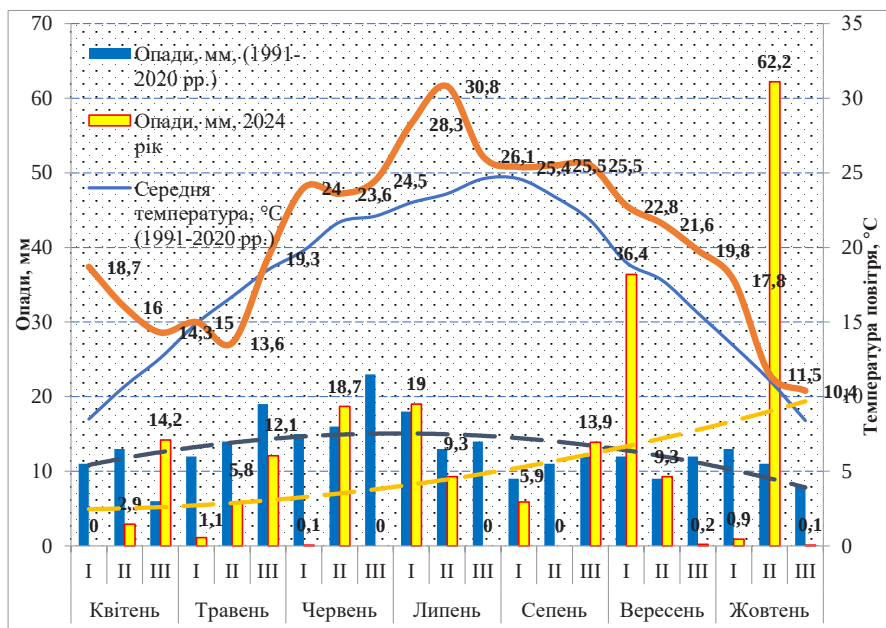


Рис. 2. Температура повітря та опади вегетаційного періоду 2024 р.

Дія досліджуваних факторів на толерантність рослин була перевірена шляхом проведення кореляційного аналізу, де кількість пов'язаних зі стресом транскрипційних факторів продемонструвала значущу та позитивну кореляцію з пов'язаними зі стресом фізіологічними ознаками та збереженням коробочок (табл. 2). Загальні результати показали, що генотипи, які мають більшу кількість пов'язаних зі стресом генів, були стійкими до посухового стресу на фізіологічному рівні та сформували більшу врожайність. Зразки 510у, К 56, Популяція 3 мали високий відносний вміст води, площу листової поверхні і низьку втрату води листям, демонструючи загальну кращу збереженість коробочок до збору врожаю під час посухового стресу. Ці сорти можуть бути використані як вихідний матеріал для селекції посухостійкості та жаростійкості бавовнику за сценарію зміни клімату.

Висновки та пропозиції. Дослідження генофонду бавовнику дозволило ідентифікувати колекційні зразки, у яких найбільш виразно проявлялися механізми адаптації до дефіциту вологи. З'ясовано, що умови зрошення істотно впливали на прояв морфологічних і фізіологічних ознак: рослини мали більшу площу листової поверхні, підвищений відносний вміст води та нижчі показники втрати вологи листям порівняно з тими, що вегетували за умов природної посухи. Це свідчить

про відмінності у стратегіях використання води й регуляції ростових процесів за різних умов вирощування.

Особливу увагу приділено зразкам 510у, К 56 та Популяція 3, які проявили найвищу толерантність до посухового стресу в польових умовах. Вони поєднували розвинену листкову поверхню (28,96; 26,40 та 26,30 дм²/рослину), підвищений відносний вміст води в тканинах (62,21; 61,14 та 62,43 %) та низьку втрату вологи листям (0,28; 0,32 та 0,36 мг).

Завдяки поєднанню цих морфофізіологічних ознак зазначені зразки демонстрували вищу стійкість до стресових умов, що виражалося у збереженні більшої кількості коробочок під час посухи – 14,11; 10,40 та 10,35 % відповідно. Кореляційний аналіз підтвердив, що відносний вміст води в тканинах мав позитивний зв'язок із висотою рослин та відсотком збережених коробочок як за оптимальних умов вирощування, так і в умовах водного дефіциту. Це свідчить про комплексний характер адаптаційних механізмів, де водоутримувальна здатність відіграє провідну роль у забезпеченні стійкості бавовнику до посухового стресу та перспективність цих генотипів для селекції сортів, адаптованих до кліматичних змін і обмежених водних ресурсів.

Площа листків позитивно корелювала з відносним вмістом води та відсотком збережених коробочок, тоді як втрата вологи та висота рослин мали негативний зв'язок із збереженістю коробочок за обох умов вирощування.

Перспектива подальших досліджень полягає у використанні отриманого цінного генетичного матеріалу для створення генотипу бавовнику, адаптованого до екологічних стресів за умов зміни клімату.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Janni M., Maestri E., Gulli M., Marmioli M., & Marmioli N. Plant responses to climate change, how global warming may impact on food security: A critical review. *Frontiers in Plant Science*. 2024. 14, article number 1297569. doi: 10.3389/fpls.2023.1297569.
2. Zafar S., Afzal H., Ijaz A., Mahmood A., Ayub A., Nayab A., Hussain S., Ul-Hussain S., Sabir M.A., Zulfiqar U., Zulfiqar F., & Moosa A. (2023). Cotton and drought stress: An updated overview for improving stress tolerance. *South African Journal of Botany*. 2023. 161, 258-266. doi: 10.1016/j.sajb.2023.08.029.
3. Naseer M.A., Nengyan Z., Ejaz I., Hussain S., Asghar M.A., Farooq M., Rui Q., Ullah A., Xiaoli C., & Xiaolong, R. Physiological mechanisms of grain yield loss under combined drought and shading stress at the post-silking stage in maize. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 2023. 23, 1125-1137. doi: 10.1007/s42729-022-01108-z.
4. Zhangjin S., Soothar R.K., Shar S.U., Alharthi B., Shaikh I.A., Laghari, M. Suthar J.D., Samoon A., Jamali N.A., Fiaz S., Soomro A.S., Shah T.A., & Ram B.K. Responses of cotton yield and water productivity to irrigation management: Assessment of economic costs, interactive effects of deficit irrigation water and soil types. *Discover Life*. 2025. 55, article number 1. doi: 10.1007/s11084-024-09677-y.
5. Gören H.K., & Tan U. Unraveling the complexities of drought stress in cotton: A multifaceted analysis of selection criteria and breeding approaches. *PeerJ*. 2024. 12, article number e17584. doi: 10.7717/peerj.17584.
6. Yousaf M.I., Hussain Q., Alwahibi M.S., Aslam M.Z., Khalid M.Z., Hussain S., Zafar A., Shah S.A.S., Abbasi A.M., Mehboob A., Riaz M.W., & Elshikh M.S. Impact of heat stress on agro-morphological physio-chemical and fiber related parameters in upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.) genotypes. *Journal of King Saud University – Science*. 2023. 35, article number 102379. doi: 10.1016/j.jksus.2022.102379.
7. Saini D.K., Impa S.M., McCallister D., Gunvant P.B., Nouredine A., Glen R.,

Jaconis S.Y., & Krishna J.S.V. High day and night temperatures impact on cotton yield and quality – current status and future research direction. *Journal of Cotton Research*. 2023. 6, article number 16. doi: 10.1186/s42397-023-00154-x.

8. Georgieva M., & Vassileva V. (2023). Stress management in plants: Examining provisional and unique dose-dependent responses. *International Journal of Molecular Sciences*. 2023. 24(6), article number 5105. doi: 10.3390/ijms24065105.

9. Shelake R.M., Wagh S.G., Patil A.M., Červený J., Waghunde R.R., & Kim J.Y. Heat stress and plant-biotic interactions: Advances and perspectives. *Plants*. 2024. 13(15), article number 2022. doi: 10.3390/plants13152022.

10. Asargew M.F., Masutomi Y., Kobayashi K., & Aono M. Water stress changes the relationship between photosynthesis and stomatal conductance. *Science of the Total Environment*. 2024. 907, article number 167886. doi: 10.1016/j.scitotenv.2023.167886.

11. Kopecká R., Kameniarová M., Černý M., Brzobohatý B., & Novák J. Abiotic stress in crop production. *International Journal of Molecular Sciences*. 2023. 24(7), article number 6603. doi: 10.3390/ijms24076603.

12. Naceur D.M., & Cheikh-mhamed H. The most relevant drought-tolerant indices for selecting barley drought-tolerant genotypes. *Frontiers in Life Sciences and Related Technologies*. 2024. 5(1), 15-23. doi: 10.51753/flsrt.1362571.

13. Ramzan T., Shahbaz M., Maqsood M.F., Zulfiqar U., Saman R.U., Lili N., Irshad M., Maqsood S., Haider A., Shahzad B., Gaafar A.Z., & Haider F.U. Phenylalanine supply alleviates the drought stress in mustard (*Brassica campestris*) by modulating plant growth, photosynthesis, and antioxidant defense system. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2023. 201, article number 107828. doi: 10.1016/j.plaphy.2023.107828.

14. Xu Z., Pandey G.K., Ali Z., & Zhang D. Editorial: Molecular basis of stress resistant signal transduction in plants: A biotechnological intervention to develop climate-resilient crops. *Frontiers in Plant Science*. 2024. 15, article number 1356520. doi: 10.3389/fpls.2024.1356520.

15. Vozhehova R., Borovyk V., Kokokvikhin S., Billaieva I., Kokokvikhina O., Boiarkina L., Shkoda O. Evaluation of cotton gene pool samples in different years of heat supply in the conditions of the Southern Outhern Steppe of Ukraine. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*. 2022. Vol. LXV, No. 2. P. 313-318. ISSN-L 2285-5785.

16. Волкодав В. В. Методика державного сорто випробування сільськогосподарських культур / Випуск третій (олійні, технічні, прядильні та кормові культури). Київ: Алефа. 2001. 76 с.

17. Вожегова Р.А., Рябчун В.К., Боровик В.О., Степанов Ю.О., Малярчук М.П., Лавриненко Ю.О., Біднина І.О., Біляєва І.М. Широкий уніфікований класифікатор-довідник роду *Gossypium hirsutum* (L.). Херсон: Інститут зрошуваного землеробства Національної академії наук. Херсон: Грінь Д.С. 2015. 49 с.

18. Iqbal M., Ul-Allah S., Naeem M., Ijaz M., Sattar A., & Sher A. Response of cotton genotypes to water and heat stress: From field to genes. *Euphytica*. 2017. 213, article number 131. doi: 10.1007/s10681-017-1916-2.

19. Zhang R., Zhou Y., Yue Z., Chen X., Cao X., Ai X., Jiang B., & Xing Y. The leaf-air temperature difference reflects the variation in water status and photosynthesis of sorghum under waterlogged conditions. *PLoS ONE*. 2019. 14, article number e0219209. doi: 10.1371/journal.pone.0219209.

20. Clarke J.M., & Townley-Smith T.F. Heritability and relationship to yield of excised-leaf water retention in durum wheat. *Crop Science*. 1986. 26(2), 289-292. doi: 10.2135/cropsci1986.0011183X002600020016x.

21. Clarke J.M., & McCuaig T.N. Excised-leaf water retention capability as an indicator of drought resistance of *Triticum* genotypes. *Canadian Journal of Plant Science*. 1982. 62(3), 571-578. doi: 10.4141/cjps82-086.

22. Вожегова Р., Боровик В., Бояркіна Л., Пілярська О., Степанов Ю., Марченко Т. Вплив зрошення, ширини міжрядь і густоти рослин на врожайність бавовнику *Gossypium hirsutum* (L.) в умовах Південного Степу України. *Bic-*

ник аграрної науки. 2022. Том 100, № 10. С/ 61-67. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202210-07>.

23. Borzykh O., Bublyk L., Chaika V., Havrylyuk L., Kruk I., Shevchuk O. Neverovska, T., & Bakhmut O. Agroclimatic and agroecotoxicological justification of zonal systems of chemical protection against harmful organisms for field crops under climate change in Ukraine. Quarantine and Plant Protection. 2022. 4, 3-9. doi: 10.36495/2312-0614.2022.4.3-9.

24. Lukianchuk N., Bliusyuk L., Bliusyuk N., Kendzora N., & Koliada L. The impact of climate change on the vegetation of woody plants of the Botanical Garden of the National Technical University of Ukraine. Scientific Works of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine. 2024. 27, 18-32. doi: 10.15421/412410.

25. Patil A.M., Pawar B.D., Wagh S.G., Shinde H., Shelake R.M., Markad N.R., Bhute N.K., Červený, J., & Wagh R.S. Abiotic stress in cotton: Insights into plant responses and biotechnological solutions. Agriculture. 2024. 14(9), article number 1638. doi: 10.3390/agriculture14091638.

26. Bista M.K., Adhikari B., Sankarapillai L.V., Pieralisi B., Reddy K.R., Jenkins J., & Bheemanahalli, R. Drought and heat stress induce differential physiological and agronomic trait responses in cotton. Industrial Crops and Products. 2024. 222(1), article number 119540. doi: 10.1016/j.indcrop.2024.119540.

27. Luqman M., Ahmad M., Dar A., Hussain A., Zulfqar U., Mumtaz M.Z., Mustafa A., Mustafa A.E.-Z.M.A. & Elshikh, M.S. (2025). PGPR and nutrient consortia promoted cotton growth, antioxidant enzymes, and mineral uptake by suppressing sooty mold in arid climate. Frontiers in Microbiology. 2025. 16, article number 1551465. doi: 10.3389/fmicb.2025.1551465.

Дата першого надходження статті до видання: 02.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 632.7:616.75:632.38 (251.1)(477)

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.1.13>

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ТА КОНТРОЛЮ ТРОФІЧНИХ ЗАВ'ЯЗКІВ КОМАХ-ПЕРЕНОСНИКІВ ЗБУДНИКІВ ВІРУСНИХ ХВОРОБ У СТЕПУ УКРАЇНИ

Боцула Р.П. – аспірант кафедри ентомології,
інтегрованого захисту та карантину рослин,
Національний університет біоресурсів
і природокористування України
orcid.org/0009-0000-6449-7261

Доля М.М. – д.с.-г.н.,
професор кафедри ентомології, інтегрованого захисту
та карантину рослин,
Національний університет біоресурсів
і природокористування України
orcid.org/0000-0003-0458-9695

У 2005–2025 рр. за системних комплексних регіональних досліджень закономірностей розмноження домінуючих видів шкідливих організмів виділені перспективні ознаки взаємозв'язків фітофагів із збудниками вірусних хвороб рослин із зменшенням пестицидного навантаження та збільшенням виробництва високоякісного зерна. Так, в умовах воєнного стану і глобальних змін клімату набувають першочергового значення обґрунтовані сучасні заходи захисту нового генофонду польових культур від комплексу видів шкідливих організмів із сезонним моніторингом та контролем як переносників, так і збудників вірусних хвороб рослин за технології No-till, Mini-till, Strip-till.

При цьому створені нові фундаментальні та практичні рішення щодо високоефективного застосування ресурсоощадних інтегрованих заходів захисту посівів пшениці озимої від комплексу переносників збудників вірусних хвороб рослин із зменшенням пестицидного навантаження та збільшенням виробництва високоякісного зерна. Так, в умовах воєнного стану і глобальних змін клімату набувають першочергового значення обґрунтовані сучасні заходи захисту нового генофонду польових культур від комплексу видів шкідливих організмів із сезонним моніторингом та контролем як переносників, так і збудників вірусних хвороб рослин за технології No-till, Mini-till, Strip-till.

За матеріалами спостережень визначена ефективність фітосанітарного моніторингу домінуючих видів переносників збудників вірусних хвороб пшениці озимої і на основі аналізу рівнів трофічних зв'язків доведено функціонування механізмів впливу на стійкість сортів до шкідливих видів організмів через просторовий розвиток і формування їх в агроценозах.

В роки досліджень це супроводжувалось шкідливими видами комах-фітофагів, а також іншими формами організмів, які сприяли поширенню вірусних хвороб рослин, головним чином за вирошування сортів іноземної селекції. За результатами досліджень враховані механізми поширення вірусних хвороб пшениці озимої та уточнені концептуальні ідеї природи ефектів функціонування таких трофічних зв'язків на фоні сучасних заходів захисту посівів від домінуючих видів комах-переносників фітовірусів.

Сформовані якісні біотехнологічні та нейротехнологічні моделі прогнозу фітосанітарного стану угідь за штучного інтелекту та дистанційного зондування рівнів шкідливості комплексу видів комах-фітофагів.

Ключові слова: пшениця озима; комахи-переносники; фітовірусні хвороби; трофічні зв'язки; фітосанітарний моніторинг; інтегрований захист рослин; No-till; прогнозування фітосанітарного стану.

Botsula R.P., Dolia M.M. Features of Formation and Control of Trophic Interactions of Insect Vectors of Plant Viral Diseases in the Ukrainian Steppe

During 2005–2025, comprehensive regional studies on the reproduction patterns of dominant harmful organisms identified promising indicators of relationships between phytophagous insects



© Боцула Р.П., Доля М.М., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

and viral disease pathogens, as well as the resistance of modern winter wheat cultivars to biotic and other environmental factors.

At the same time, new fundamental and applied solutions were developed for the highly efficient implementation of resource-saving integrated protection measures aimed at controlling complexes of vectors transmitting plant viral diseases in winter wheat crops. These approaches enable a reduction in pesticide load while increasing the production of high-quality grain. Under conditions of martial law and global climate change, scientifically substantiated modern protection measures for the new gene pool of field crops are becoming increasingly important. Such measures include seasonal monitoring and control of both vectors and causal agents of plant viral diseases under No-till, Mini-till, and Strip-till cultivation systems.

Based on long-term observations, the effectiveness of phytosanitary monitoring of dominant vectors transmitting viral diseases in winter wheat was determined. Analysis of trophic interaction levels confirmed the functioning of mechanisms influencing cultivar resistance to harmful organisms through their spatial development and formation within agroecosystems.

During the years of research, this was accompanied by harmful phytophagous insect species and other groups of organisms contributing to the spread of plant viral diseases, particularly under the cultivation of foreign-bred varieties. The study results made it possible to clarify the mechanisms underlying the dissemination of viral diseases in winter wheat and to refine conceptual approaches regarding the effects of trophic interactions under modern crop protection strategies targeting dominant insect vectors of phytoviroses.

Qualitative biotechnological and neurotechnological forecasting models were developed to predict the phytosanitary status of agricultural lands using artificial intelligence and remote sensing for assessing the harmfulness levels of complexes of phytophagous insect species.

Key words: winter wheat; insect vectors; plant viral diseases; trophic interactions; phytosanitary monitoring; integrated pest management; No-till; phytosanitary forecasting.

На основі проведених досліджень отримано нові дані щодо динаміки у сезонному та багаторічному процесах розмноження комах-фітофагів (табл. 1) і поширення ними збудників вірусних хвороб сучасних сортів пшениці озимої.

Таблиця 1

Багаторічна динаміка заселення пшениці озимої домінуючими видами переносників збудників вірусних хвороб

№	Вид	Заселеність посівів пшениці озимої домінуючими видами переносників збудників вірусних хвороб, %		
		2005–2015 рр.	2016–2025 рр.	Динаміка
1	Велика злакова попелиця (<i>Sitobion avenae</i> F.)	18,0–21,9	12,3–14,6	–
2	Звичайна злакова попелиця (<i>Schizaphis graminum</i> Rond.)	26,1–34,6	19,1–21,6	–
3	Звичайна черемхова попелиця (<i>Rhopalosiphum padi</i> L.)	9,3–11,1	13,1–16,9	+
4	Ячмінна попелиця (<i>Brachycolus noxius</i> Mordv.)	2,9–5,1	1,6–4,0	–
5	Смугаста цикадка (<i>Psammotettix striatus</i> L.)	24,1–30,3	29,0–36,3	+
6	Шестикрапкова цикадка (<i>Macrostelus laevis</i> Rib.)	29,0–32,6	34,9–41,6	+
7	Темна цикадка (<i>Laodelphax striatella</i> Fall.)	5,6–11,3	16,3–21,3	+

Опрацьовано вплив систем ведення землеробства на заселення сходів пшениці озимої переносниками вірусних хвороб і уточнено базу параметрів раціонального

поєднання заходів захисту зернових культур від комплексу шкідливих організмів із підвищенням реалізації потенціалу зернової продуктивності вирощування сортів і гібридів сільськогосподарських культур за No-till технології (рис. 1, 2).

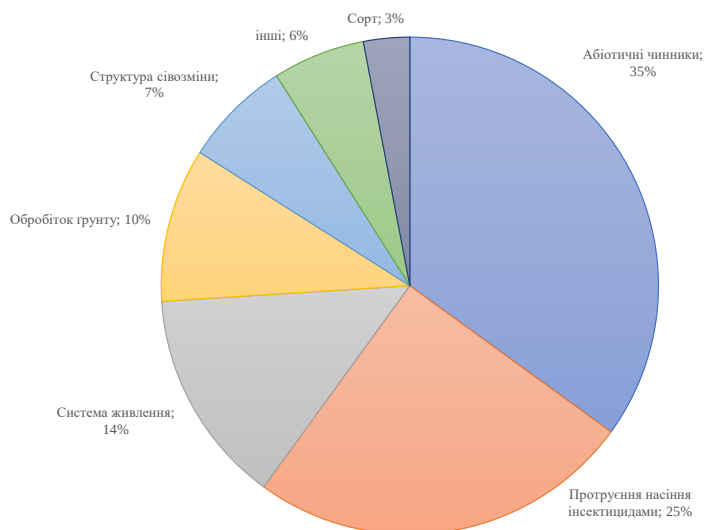


Рис. 1. Частка впливу досліджуваних факторів на заселення сходів пшениці озимої переносниками збудників вірусних хвороб та їх розвиток за No-till технології у Лісостепу України (середнє за 2005–2015 рр.)

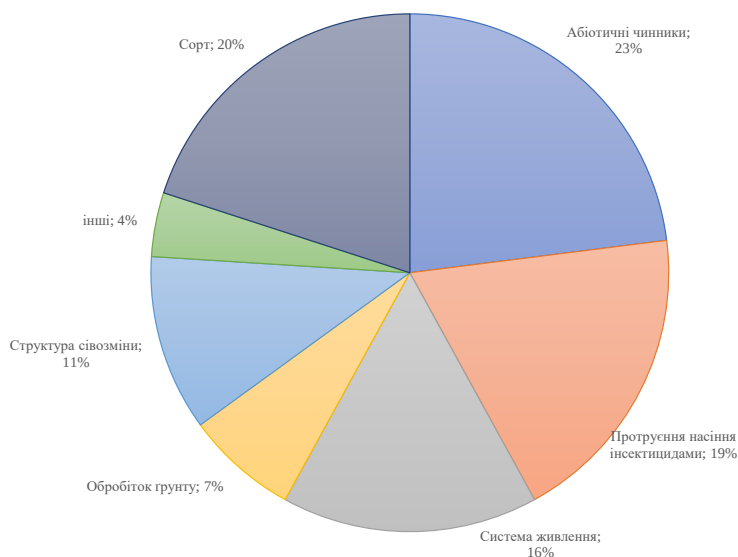


Рис. 2. Частка впливу досліджуваних факторів на заселення сходів пшениці озимої переносниками збудників вірусних хвороб та їх розвиток за No-till технології у Лісостепу України (середнє за 2016–2025 рр.)

Зокрема, за основними ресурсощадними технологічними чинниками та факторами зовнішнього середовища. Розроблено і впроваджено у виробництво біологічно орієнтовані комплексні заходи щодо контролю переносників збудників вірусних хвороб зернових культур за обґрунтованої оцінки закономірностей регіонального їх формування залежно від структури посівних площ польових сівозмін і систем обробітку ґрунту (табл. 2).

Таблиця 2

Вплив способів основного обробітку ґрунту та структури сівозміни на заселення пшениці озимої домінуючими видами переносників вірусних хвороб рослин (середнє за 2016–2025 рр.)

Спосіб основного обробітку ґрунту	Структура сівозміни	Заселеність посівів пшениці озимої переносниками вірусних хвороб, %					
		Велика злакова попельця	Звичайна злакова попельця	Ячмінна попельця	Смугаста цикадка	Шестикрапкова цикадка	Темна цикадка
Оранка на глибину 20–22 см (контроль)	Частка злакових, 45%	12,9	20,6	3,3	27,3	24,9	20,6
	Частка бобових, 25%	16,1	24,1	7,0	25,9	28,1	23,1
	Частка інших культур, 30%	10,9	13,9	2,3	20,1	19,0	17,0
Mini-till на глибину 8–12 см	Частка злакових, 45%	13,6	16,3	1,6	24,6	29,3	23,6
	Частка бобових, 25%	12,0	23,1	3,9	16,1	26,1	29,1
	Частка інших культур, 30%	14,1	9,6	4,0	11,3	17,3	17,9
No-till	Частка злакових, 45%	11,3	17,3	2,0	18,9	25,6	20,0
	Частка бобових, 25%	13,9	20,1	6,3	21,3	20,9	23,1
	Частка інших культур, 30%	9,1	11,3	1,6	17,6	16,1	14,6

Однак, біологізація традиційних і вологозберігаючих No-till технологій із прогнозованим контролем переносників збудників вірусних хвороб потребує комплексної оцінки структури ентомокомплексів із контролем трофічних ланцюгів фітофагів за значеннями функцій агроценозів як основи новітніх процесів автоматизації фітосанітарного стану в цілому.

Із урахуванням цього систематизовані основні підходи щодо механізмів впливу на розмноження фітофагів, впровадження адаптивних вуглецевих технологій вирощування і захисту посівів зернових від переносників збудників хвороб. Встановлена позитивна динаміка як відтворення родючості ґрунтів, так і саморегуляції ентомокомплексів за систематизованих нових форм і систем обробітку угідь та живлення, а також використання нетоварної частини врожаю. [3, 5]

Зокрема, широкого застосування поукісних і післяжнивних посівів сидератних культур із привалюванням бобових видів рослин. Обґрунтовано комплекс заходів захисту пшениці озимої та кукурудзи за нових форм земельних відносин із відносно невеликими площами землекористування, а також при обмеженому наборі культур із вузькою спеціалізацією та прогнозованими показниками фітосанітарного стану посівів. [1, 2, 3]

За результатами досліджень визначені параметри змін морфологічного стану пошкоджених рослин комахами-фітофагами у фазі поширення збудників вірусних хвороб зернових культур.

Сформовано комплекс показників щодо впливу інтенсивності розмноження шкідливих видів організмів на органогенез культурних рослин. Визначені рівні і періоди порівняно безпечного захисту посівів від переносників збудників вірусних хвороб за No-till технології в умовах зміни клімату 2023–2025 років. При цьому уточнені фенологічні числові значення періодів міграції переносників збудників хвороб за особливостей агрохімічних, водно-фізичних та біологічних показників угідь, а також рівнів мінералізації органічної речовини окремих досліджуваних типів ґрунтів. Із урахуванням сезонної міграції переносників збудників вірусних хвороб пшениці озимої та інших зернових культур сформовано базові генетичні ознаки контрольованих механізмів стійкості досліджуваних сортів і ізогенних ліній пшениці м'якої озимої для подальшого добору на стійкість до вірусних хвороб і комах-фітофагів із колюче-сисним ротовим апаратом (табл. 3).

Таблиця 3

Порівняльна оцінка коефіцієнтів заселення фітофагами і ураження фітовірусами рослин та їх шкідливість на окремих сортах пшениці озимої (середнє за 2016–2025 рр.)

Обробіток ґрунту	Коефіцієнти заселення фітофагами і ураження вірусами окремих сортів пшениці озимої					
	Сорти вітчизняної селекції			Сорти іноземної селекції		
	Фітофаги-переносники збудників вірусних хвороб	Вірози рослин	Комплексна шкідливість	Фітофаги-переносники збудників вірусних хвороб	Вірози рослин	Комплексна шкідливість
Оранка на глибину 20–22 см	14,3–27,6	19,0–32,3	середня	23,6–41,6	24,6–47,0	висока із зменшенням стійкості до інших видів шкідливих організмів
Mini-till на глибину 8–12 см	11,0–22,3	12,1–19,0	середня	24,1–35,1	22,3–35,1	висока із зменшенням стійкості до інших видів шкідливих організмів
No-till	12,6–18,3	14,1–21,3	низька	18,0–26,9	19,3–29,9	висока із зменшенням стійкості до інших видів шкідливих організмів

Розроблені і застосовані на виробничих дослідах сучасні системні моделі прогнозу механізмів стійкості сортів і гібридів зернових культур до комплексу шкідливих видів організмів у фазі сходів і на етапах інтенсивного заселення посівів переносниками збудників вірусних хвороб рослин.

Отже, пріоритетним є наявність у сівозміні сільськогосподарських культур із різними біологічними особливостями, що є умовою стійкості землеробства. Обґрунтований контроль комплексу шкідливих організмів за ресурсощадних технологій і з чергуванням культур у сівозміні забезпечує збереження урожаю на 32–36% із підвищення рівня родючості ґрунтів (табл. 4) та одержання високих урожаїв сільськогосподарських культур.

Таблиця 4

Ефективність технології захисту зернових колосових

№	Операція	Строк виконання	Назва препарату, добрива	Витрати на 1 га, кг (л), фізична маса	Ефективність, %
1	Очистка і підготовка насіння до посіву	Перед посівом (25–30 діб)	Зерноочисний повітряний сепаратор ВС3-80 + аеродинамічний сепаратор ІСМ-40	–	85,0
2	Повторна очистка (аеродинамічна)	Перед посівом (25–30 діб)	Зерноочисний повітряний сепаратор ВС3-80 + аеродинамічний сепаратор ІСМ-40	–	97,0
3	Восени для мінералізації рослинних решток і контролю бур'янів	Сер.	(сіль гліфосату) + КАС, 32 %	3,0 + 10,0	99,0
4	Внесення мінеральних добрив	Сер., Вер.	КАС, 32 (основне внесення); NPK 8-19-29 + 2S (під час посіву)	60,0 + 35,0	97,8
5	Протруєння насіння	Вер.	(флудиоксоніл 25 г/л + тебуконазал 15 г/л + металаксилу-М 20 г/л)	1,0	98,5
6	Крайове обприскування інсектицидом	Вер.	(ацетаміпрід, 200 г/кг) + Helmix зернові + КАС, 32	0,15 + 2 + 6	97,2
7	Внесення по мерзлоталому	Бер.	КАС, 32	100,0	97,8
8	Підживлення	Кві.	КАС, 32 + Нановіт Моно Мідь + сульфат магнію семиводний кристали	15,0 + 1,0 + 4,0	98,6
9	Гербіцид	Квіт.–Трав.	(трибенурон-метил 750 г/кг) + КАС, 32 (або при появі падалиці соняшнику додатково страховий інший гербіцид)	0,04 + 14,0	98,6
10	Підживлення	Кві.	Helmix зернові (прапорцевий листок – викидання колосу) + КАС, 32	2 + 5	98,6
11	Фунгіцид	Тра.	(триадименол 43 г/л + спіроксамін) + КАС, 32	0,5 + 1,0 + 12,0	98,3
12	Інсектицид	Тра.–Чер.	(ацетаміпрід, 200 г/кг)	0,15	98,1

Висновки. У 2005–2025 рр. заселення посівів пшениці домінуючими видами комах-фітофагів, які є переносниками вірусних хвороб рослин, залежить від сорту, структури польових сівозмін і заходів захисту та живлення рослин на перших етапах органогенезу.

За результатами досліджень визначено вплив ресурсощадних Mini-till та No-till технологій на розмноження попелиць і цикадок та їх шкідливість у поєднанні з розвитком фітовірусів.

Застосування бакових сумішей інсектицидів із рідким азотним добривом КАС, 32% для крайового обприскування сходів пшениці озимої забезпечує ефективний контроль (до 91,6%) комплексу комах-фітофагів – переносників збудників вірусних хвороб пшениці озимої - та приріст урожайності понад 0,6 т/га зерна за No-till технології у порівнянні з контролем.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. M. Dolia, V. Lysenko, T. Lendiel, K. Nakonechna, L. Humeniuk. Neuron network prediction of damage of *E. integriceps* bug on winter wheat in Ukraine. Scientific Reports of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Vol. 20, No. 4. 2024
2. M. V. Patyka, S. H. Khablak, T. I. Patyka, L. M. Bondareva, M. M. Dolia, V. M. Spychak, Y. V. Lykholat. Evolution of immune mechanism in monocots and dicots in response to microbial pathogens and abiotic stressors. Biosystems Diversity. 2025, 33(2), e2531. <https://doi.org/10.15421/012531>
3. V. V. Bezpal'ko, S. V. Stankevych, L. V. Zhukova, I. V. Zabrodina, V. P. Turenko, V. V. Horyainova, A. A. Poedinceva, O. M. Batova, O. Yu. Zayarna, S. V. Bondarenko, M. M. Dolya, R. M. Mamchur, P. Yu. Drozd, V. V. Sakhnenko, A. V. Matsyura. Pre-sowing seed treatment in winter wheat and spring barley cultivation. Ukrainian Journal of Ecology, 2020, 10(6), 255-268, doi: 10.15421/2020_291
4. N. A. Zakharchuk, M. M. Dolya, V. M. Polozhenets, I. A. Zhuravska, N. V. Tsuman, S. V. Stankevych. Producing of potato varieties resistant to fusarial wilt by cell selection. Ukrainian Journal of Ecology, 2020, 10(1), 289-291, Doi: 10.15421/2020_45
5. M. M. Dolia, A Kovalska. Specific Composition of Chickpea Pests in the Forest-Steppe of Ukraine. EUREKA: Life Sciences, (1), 3-8. Doi:10.21303/2504-5695.2021.01631.

Дата першого надходження статті до видання: 03.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 632.76

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.1.14>

АНАЛІЗ ЗАГРОЗ ПОШИРЕННЯ ЗАХІДНОГО КУКУРУДЗЯНОГО ЖУКА НА ВІННИЧИНІ

Вергелес П.М. – к.с.-г.н., доцент,
завідувач кафедри ботаніки, генетики та захисту рослин,
Вінницький національний аграрний університет
orcid.org/0000-0002-4101-1465

Зміни кліматичних режимів сільськогосподарських територій, диверсифікація аграрного виробництва зі зміною паритетної структури основних сільськогосподарських культур зумовило зростання загроз з позиції поширеності карантинних шкідників на території основних продуктивних сільськогосподарських регіонів України. У цьому ракурсі західний кукурудзяний жук (*Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte) належить до спеціалізованих та потенційно небезпечних видів з високими темпами поширення, адаптивною спеціалізацією в живленні та гнучкою віталітетною тактикою. Всі ці риси дають підстави віднести його до видів з високим потенціалом експансії та інтенсивного поширення у тому числі і на Вінниччині де кукурудза у структурі посівних площ займає до 20%.

З метою оцінки загроз поширеності західного кукурудзяного жука на території Вінниччини було проведено багаторічне узагальнення динаміки його поширеності як у загальному виразі, так і у розрізі окремих адміністративних районів області. Проведено статистичне групування площ поширення та визначено трендові особливості формування показника в часовому інтервалі 2012–2025 рр. Проведено кореляційний та регресійний аналіз зв'язку поширеності шкідника залежно від площ посіву кукурудзи, частоти її повернення на попереднє поле у сівозміні та гідротермічних режимів території оцінки.

Встановлено, що західний карантинний жук є реальною загрозою для агроценозів кукурудзи на Вінниччині з позиції визначених темпів поширеності та наявності сприятливих чинників позитивної динаміки даного процесу в часі. Враховуючи, що пікову шкодочинність даного шкідника починають фіксувати протягом 4–5 років у місцях масової ідентифікації, а виявлені осередки шкідника на Вінниччині мають лише умовний статус локалізації – потенційний прогноз за реального стану облікованої чисельності шкідника – розширення ареалу на всю Вінниччину за зростання площ ідентифікації шкодочинності як мінімум на 25–40% у період до 2030 року за умов відсутності ефективних методів контролю.

Ключові слова: карантинний шкідник, західний кукурудзяний жук, кукурудза, поширеність, шкодочинність, динаміка поширеності, площі ураження.

Verheles P.M. Analysis of the Spread Risk of the Western Corn Rootworm in the Vinnytsia Region

Changes in the climatic regimes of agricultural territories, along with the diversification of agricultural production and shifts in the proportional structure of major crops, have led to an increased threat of the spread of quarantine pests in the main productive agricultural regions of Ukraine. In this context, the western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte) is considered a specialized and potentially dangerous species characterized by a high rate of spread, adaptive feeding specialization, and flexible survival strategies. These traits justify classifying it as a species with a high expansion potential and intensive distribution, including in the Vinnytsia region, where maize accounts for up to 20% of the total cropped area.

To assess the threat posed by the spread of the western corn rootworm in the Vinnytsia region, a long-term analysis of its distribution dynamics was conducted, both in general terms and across individual administrative districts. A statistical grouping of infested areas was performed, and trend patterns in the development of this indicator over the period 2012–2025 were identified.



© Вергелес П.М., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Correlation and regression analyses were carried out to determine the relationship between pest distribution and maize cultivation area, crop rotation frequency (return of maize to the same field), and hydrothermal conditions of the study area.

It was established that the western quarantine pest poses a real threat to maize agrocenoses in the Vinnytsia region due to its observed rate of spread and the presence of favorable factors supporting its continued expansion. Considering that peak harmfulness of this pest is typically observed 4–5 years after its initial mass detection, and that currently identified foci in the region have only a conditional status of localization, the projected scenario – based on current recorded population levels – suggests a potential expansion across the entire Vinnytsia region. This expansion may be accompanied by an increase in the area affected by pest damage of at least 25–40% by 2030, provided that effective control measures are not implemented.

Key words: *quarantine pest, western corn rootworm, maize, distribution, harmfulness, spread dynamics, infested area.*

Постановка проблеми. Кліматичні зміни у світовому вимірі, які переформатували загальний динамізм формування гідротермічних режимів територій, а також істотна диверсифікація виробництва в багатьох європейських державах та, власне, на Україні зі зміною концентрації цілого ряду культур, формування передумов для зміни оптимальної схеми їх чергування на території та вироблення певних форм стійкості шкідників, хвороб та бур'янів до ряду базових діючих речовин пестицидів – сформували загрозливу і стійку тенденцію до інтенсивного поширення карантинних об'єктів різного виду [1, с. 5–8; 2, с. 3–5]. Означені зміни вже зумовили загрозливі тенденції в експансії територій України з позиції цілого ряду заявлених об'єктів фітокарантину в багатьох регіонах країни, формуючи передумови для масового поширення карантинних видів та втрати дієвого контролю над ними [3, с. 24].

Серед окреслених об'єктів західний кукурудзяний жук (*Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte) в сотанні роки є одним із видів, поширеність якого в багатьох регіонах світу має тенденцію до зростання [4, с. 2–5; 5, с. 167–168; 6, с. 2–3; 7, с. 240–242]. Подібні особливості росту, особливо в районах інтенсивного кукурудзосіяння стали вже звичним явищем, являючись потенційно високою перешкодою для ефективної реалізації урожайного потенціалу сучасних гібридів кукурудзи в регіоні [10, с. 37–38; 11, с. 12–13]. На сьогодні причини такої динаміки є багатограними, що створює проблеми в науковому узагальненні прогнозів росту чисельності та поширеності шкідника на регіональному рівні і, відповідно, вимагає всебічного аналізу причин та моделювання потенційних загроз розповсюдження [12, с. 10–14]. Такі аспекти підтверджують актуальність проведених досліджень та узагальнень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Визначено, що західний кукурудзяний жук відноситься до надзвичайно агресивних видів, що може знизити урожайність кукурудзи до 30–50% і має надзвичайно широкий ареал поширення та в силу високої адаптивності виду має значний потенціал до інвазії в різних районах кукурудзосіяння [13, с. 1–3].

Повідомляється також, що шкодочинність даного фітофага є відчутною і загальні витрати лише на сам моніторинг шкідника в країнах де кукурудза є однією з основних ринкоформуючих культур становить величину до 280 тис. євро/рік [14, с. 2]. Більше того для США, де шкідника було вперше зафіксовано у 1909 році, витрачають на його контроль за останніми оцінками понад 1 млрд доларів і він є лідером по даних витратах у технологіях вирощування кукурудзи в країні [15, с. 2–3].

При цьому, розпочинаючи з 1992 року, коли шкідник було вперше зафіксовано у Югославії, він поширився на всі країни Європи і поступово його поширення

набуває все більших темпів на схід та північ євразійського континенту [16, с. 308]. Зокрема в умовах України шкідника було вперше зафіксовано у 2001 році в Західній Україні (Закарпаття) [17, с. 2].

Сьогодні шкідник зафіксовано в 16 областях України із загальною площею ураження понад 140 тис. га. Визначено позитивну динаміку розселення шкідника в умовах ґрунтово-кліматичних ресурсів її території з фіксацією поширеності у вже відмічених 16 областях у 2022–2025 рр. Проти 9 областей в період 2014–2016 рр. [17, с. 2–3]. На території Вінниччини шкідника було офіційно обліковано у 2012 році, хоча окремих імаго шкідника знаходили у феромонних пастках 3 2008 році у Могилів-Подільському, Ямпільському, Крижопільському та Чернівецькому районах [18, с. 244–246].

Основна причина позитивної динаміки поширеності шкідника в Європі та в Україні є беззмінні та повторні посіви кукурудзи за високої концентрації культури у загальній структурі посівних площ [18, с. 242; 19, с. 97–98]. Позитивним щодо поширеності даного виду є і відсутність в сучасному арсеналі інсектицидів діючих речовин, які були б здатні ефективно контролювати ґрунтову стадію шкідника [20, с. 385–386; 21, с. 234].

Відомо, що дорослі імаго даного шкідника відносяться до поліфагів (рис. 1).



Рис. 1. Імаго та личинка західного кукурудзяного жука (*Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte) та характерні пошкодження кореневої системи та качанів кукурудзи [14, с. 1–5; 24, с. 1]

У спектрі їх бази живлення: пилок, незрілі зерна і листя кукурудзи, маточні стовпчики качана під час його цвітіння [22, с. 1809]. Потенціал міграції шкідника за сезон живлення в інтервалі 40–125 км, за середньої швидкості перельоту до 20 км/год [13, с. 3–4; 17, с. 3]. *D. virgifera virgifera* маю одну генерацію розвитку за рік [21, с. 234]. У циклі розвитку проходить такі стадії: проходячи стадії яйця (стадія зимівлі), личинки, лялечки й імаго. Значну шкоду кореневій системі кукурудзи спричинює личинкова стадія жука за рахунок об'їдання кореня, виїдання його середини і навіть проникати у стебло через системи тканин кореня [23, с. 2–3].

Рослини кукурудзи за таких пошкоджень часто втрачають колір, стають жовтими, в'януть, а на ранніх феностадіях вегетації навіть гинуть. Однією з «візиток» шкідника є специфічне вилягання рослин кукурудзи у період кінця липня–серпня з формуванням характерних форм стебла, які отримали тривіальну назву «гусяча шия» (рис. 2) [13, с. 4; 30, с. 16–17; 31, с. 8–10]. Масовий вихід імаго з ґрунту проходить в період з кінця липня – до початку серпня, їхня поява співпадає з періодом цвітіння кукурудзи. Багаторічна оцінка циклу розвитку шкідника в умовах Поділля представлена на рис. 3.



Рис. 2. Характерні ознаки стеблового вилягання рослин кукурудзи в полі за враження діабротикою [24, с. 1].

Оптимальні умови для розвитку західного кукурудзяного жука (діабротики) (на підставі [25, с. 597; 26, с. 2–3; 27, с. 3–4; 28, с. 7–10; 29, с. 60–61]) включають теплу температуру (+20–25 С), вологість ґрунту 60–70% для відкладання яєць та наявність монокультури кукурудзи. Личинки найбільш активно розвиваються при + 22 С, а жуки живляться пилом і приймочками, коли середня температура перевищує + 15 С. Найкращий розвиток личинок відбувається за температури ґрунту +18...+22 С. Високі температури (понад +30 С та посуха можуть призупинити розвиток. Висока вологість ґрунту (>60%) є критичною для виживання яєць та личинок. Наявність кукурудзи на одному й тому ж полі (монокультура) створює ідеальні умови, оскільки личинки живляться виключно корінням кукурудзи.

Жук віддає перевагу легким, добре прогрітим ґрунтам, куди самка легко відкладає яйця на глибину до 15–20 см. Личинки активні навесні (травень–червень), а імаго (жуки) – у липні–серпні, коли цвіте кукурудза.

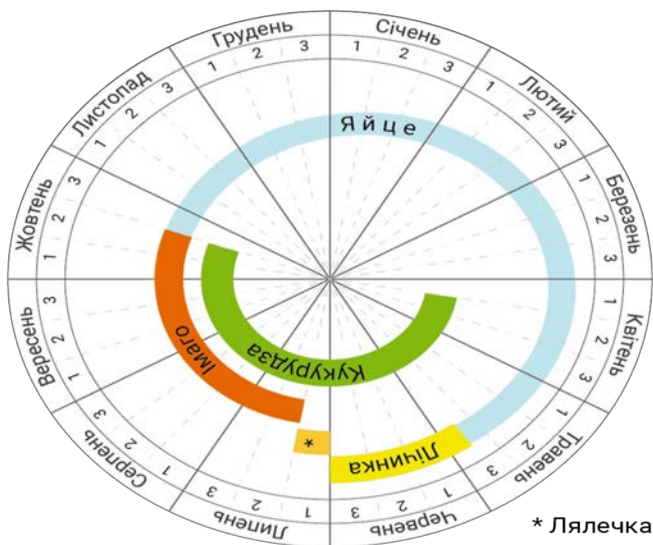


Рис. 3. Багаторічна календарна періодизація циклу розвитку західного кукурудзяного жука (*Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte) [32, с. 2–3]

Метою дослідження було оцінити динаміку формування чисельності західного кукурудзяного жука у довготривалому періоді та визначити фактори ризику зростання його чисельності та поширеності в Подільському регіоні (в адміністративних межах Вінницьчини) на підставі аналізу ґрунтово-кліматичних ресурсів території та змін у концентрації кукурудзи в структурі посівних площ.

Матеріали та методи дослідження. Система досліджень передбачала аналітичну оцінку динаміки формування чисельності шкідника у межах Вінницької області на підставі моніторингового його обліку за період 2008–2025 рр. Для формування статистичної динаміки чисельності шкідника у межах адміністративних районів Вінницької області було використано базу даних Держпродспоживслужби України у Вінницькій області та відповідні форми статистичної звітності по карантинних об'єктах регіону [17, розділ карантинних об'єктів].

Для формування регресійних рівнянь залежностей площі поширення західного кукурудзяного жука у фактичній динаміці показника від базових гідротермічних параметрів впродовж загального вегетаційного періоду зони оцінки (березень–жовтень) було використано метеорологічну базу для умов Вінницького району як модельного в застосованій регресійній оцінці.

Для оцінки статистичних даних було застосовано широке коло апробованих методик, зокрема статистичне групування, система кореляційного аналізу, оцінка динамічних трендів формування графічної динаміки показників та показники варіаційної статистики прийняті в оцінці середньобагаторічних значень показника за використання широко апробованих методик [33, с. 1251–1253; 34, с. 55–97] у середовищі програм Excel та Statistical10.

Виклад основного матеріалу дослідження. Проведена попередня оцінка динаміки поширення шкідника починаючи із західної України і до території Вінниччини у діапазоні дат 2007–2015 рр. представлена на рис. 4.

Згрупована система показників площ ураження західним кукурудзяним жуком районів Вінниччини засвідчила позитивну динаміку росту, розпочинаючи з 2012 року та закінчуючи даними 2025 року (станом на 01.01.2026 року). Вказана динаміка представлена на рис. 5 та табл. 1. По результатах сумування поширеності площ західного кукурудзяного жука ряд динаміки мав вихідну фіксовану ініціативу кількості у значенні 914 га та досягнув рівня 8626 га у 2025 році. У підсумку прирістна річна динаміка поширеності шкідника мала позитивний приріст у значенні 550,9 га/рік, що з позиції темпів популяційної динаміки фітофагів [30, с. 17; 31, с. 100–105; 35, с. 27–28] оцінюється як високі темпи росту, що формує актуальність та значимість питання дотримання карантинних заходів в обмежені чисельності західного кукурудзяного жука на Вінниччині стосовно регуляції та обмеження його поширеності.

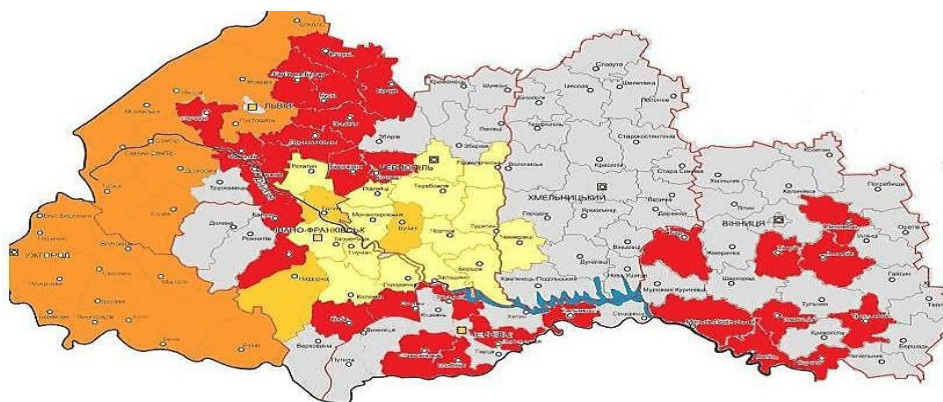


Рис. 4. Динаміка інтенсивності поширення західного кукурудзяного жука (*Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte) на Поділлі по результатах моніторингу за період 2008–2015 рр. (на підставі групування даних Державної ветеринарної та фітосанітарної служби України [32, с. 2–3]: оранжевим стан поширення шкідника на 01.01.2007 р., темно-жовтим – стан поширеності шкідника у 2008 р., світло-жовти – стан поширеності шкідника в 2011 р., червоним – стан поширеності шкідника у 2015 році)

У розрізі районів області «лідером» у всі роки виступав Вінницький район на частку якого у 2025 році припало 29,94% загальної облікової площі заселення шкідником у регіоні. Другим був Гайсинський район де вказаний показник склав 28,75%. Інші райони було розміщено у такому порядку зменшення поширеності даного шкідника: Могилів-Подільський (20,14%) – Жмеринський (9,884%) – Тульчинський (8,71%) та Хмельницький 2,62%.

Визначений характер динамічної наростаючої динаміки збільшення поширеності шкідника на Вінниччині підтверджено результатами трендових ліній як у виразі загальної середньої структури росту площ поширення у межах районів регіону з рівнем апроксимації трендової лінії ($R^2 = 0,883$), так і у виразі загальної площі поширення ($R^2 = 0,963$).

Таблиця 1

**Динаміка поширеності західного кукурудзяного жука у площах поширення
в розрізі районів Вінниччини, га (2012–2025 рр.)***

Роки обліку/Райони Вінницької області	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Вінницький (Липовецький, Немирівський, Тиврівський)	476,0	539,8	607,9	808,9	919,0	934,0	934,0
Гайсинський (Тростянецький)	0,0	0,0	102,7	156,9	228,0	446,0	446,0
Жмеринський Барський, Шаргородський)	0,0	0,0	100,5	105,8	200,0	266,0	266,0
Могилів-Подільський (Муровано- Куриловецький, Ямпільський)	226,0	230,7	245,7	259,7	316,0	316,0	506,0
Тульчинський (Крижопільський, Піщанський, Томашпільський)	212,0	212,0	216,8	454,2	510,5	590,5	595,5
Хмільницький (Козятинський)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	82,0	82,0
<i>Всього:</i>	<i>914,0</i>	<i>982,5</i>	<i>1273,6</i>	<i>1785,5</i>	<i>2173,5</i>	<i>2634,5</i>	<i>2829,5</i>
Роки обліку/Райони Вінницької області	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Вінницький (Липовецький, Немирівський, Тиврівський)	1022,0	1080,6	1225,1	1225,1	1502,6	2082,6	2582,5
Гайсинський (Тростянецький)	816,0	816,0	816,0	816,0	895,6	2012,9	2480,2
Жмеринський Барський, Шаргородський)	325,5	462,7	462,7	486,0	657,2	657,2	849,2
Могилів-Подільський (Муровано- Куриловецький, Ямпільський)	823,9	1149,3	1158,7	1158,7	1201,5	1201,5	1737,4
Тульчинський (Крижопільський, Піщанський, Томашпільський)	611,7	611,7	611,7	611,7	693,8	693,8	751,2
Хмільницький (Козятинський)	82,0	110,8	226,0	226,0	226,0	226,0	226,0
<i>Всього:</i>	<i>3681,0</i>	<i>4231,0</i>	<i>4500,1</i>	<i>4523,4</i>	<i>5176,8</i>	<i>6874,1</i>	<i>8626,5</i>

*Рис. 5. Динаміка зміни площу ураження західним кукурудзяним жуком (*Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte) у розрізі районів Вінниччини за період 2012–2025 рр. (власне групування автора на підставі [17, база карантинних об'єктів регіону] у розрізі укрупнених районів Вінницької області відповідно до проведеної територіальної реформи у 2020 році – верхня позиція; нижня позиція – загальна площа поширеності західного кукурудзяного жука на Вінниччині)*

Визначений характер динамічної наростаючої динаміки збільшення поширеності шкідника на Вінниччині підтверджено результатами трендових ліній як у виразі загальної середньої структури росту площ поширення у межах районів регіону з рівнем апроксимації трендової лінії ($R^2 = 0,883$), так і у виразі загальної площі поширення ($R^2 = 0,963$).

Визначена статистично достовірна апроксимація у формі квадратичної функціональної залежності вказує на підставі регресійної специфіки такої залежності [34, с. 117–120] вказує на наростання загальної динаміки поширення. Це підтверджується окремим визначенням приростів з розбивкою періоду оцінки на два підперіоди 2012–2018 та 2019–2025 (на рівні інтервали співставлення з 7 річним циклом оцінки), де вказані прирости площ становили відповідно 273,64 га/рік та 706,49 га/рік відповідно. Тобто визначена експонентна з прогресуючим степеневим наростанням. Такий характер засвідчив сталу тенденцію до подальшого поширення шкідника на Вінниччині з можливою експансією і інших районів та інтенсивного зростання чисельності у регіонах із сталою його фіксацією по результатах проведених карантинних обліків. Це підтверджується рядом досліджень за аналогією в інших ареалах поширення шкідника [36, с. 1026–1028; 37, с. 291–292].

Враховуючи, як було відмічено раніше, що темпи поширеності шкідника залежать від площ кукурудзи з огляду на частку її в структурі посівних площ та зумовлену цим ситуацію із беззмінними та повторними посівами [31, с. 102–105; 38, с. 16–17], було проведено статистичне співставлення площ кукурудзи в регіоні у розрізі років співставлення з динамікою чисельності шкідника. Слід відмітити, що динаміка посівних площ кукурудзи мали стабільний зважений тренд за всі роки оцінки (рис. 6). Це не дозволило отримати статистично значущий коефіцієнт на рівні $r = 0,289$ між динамікою площ та динамікою поширеності шкідника у регіоні.

Проте, встановлено статистично істотну тісну обернену залежність поширеності шкідника в регіоні з тривалістю повернення кукурудзи на попереднє поле у сівозміні у значенні $r = -0,677$ ($p < 0,05$). Такі результати підтверджують думку щодо важливості дотримання сівозмін та відповідної тривалості повернення кукурудзи на попереднє поле, як важливий елемент обмеження та регулювання чисельності шкідника та загроз його резервації у зимуючій стадії на відповідному полі та акумуляції фітофага на певних сільськогосподарських територіях. У кінцевому підсумку це сприятиме збільшенню загроз територіальної поширеності фітофага на підставі істотного зростання популяційної акумулятивної чисельності шкідника на одних і тих же територіях [39, с. 34; 40, с. 30–31].

Це підтверджується результатами статистичної значущості отриманих регресійних рівнянь на рівнях 0,01 та 0,05, а також узгоджується із висновками досліджень з позиції екології та етіології шкідника [19, с. 99; 23, с. 3–5; 26, с. 5–7]. Враховуючи визначену сталу тенденцію до збереження площ кукурудзи на Вінниччині та гідротермічну режимність території сприятливу для циклу розвитку шкідника, виходячи із встановлених залежностей територію Вінниччини слід оцінити як територію сприятливу для зростання чисельності та відповідно площ поширення західного кукурудзяного жука, що узгоджується з відміченими раніше приріст ними градієнтами площ його ідентифікації за період 2012–2025 рр.

Вказані висновки позитивно співвідносяться з результатами модельного прогнозування поширеності західного кукурудзяного жука в умовах регіонів України на підставі національного прогнозування потенційної поширеності виду у системі MAXENT (рис. 7).

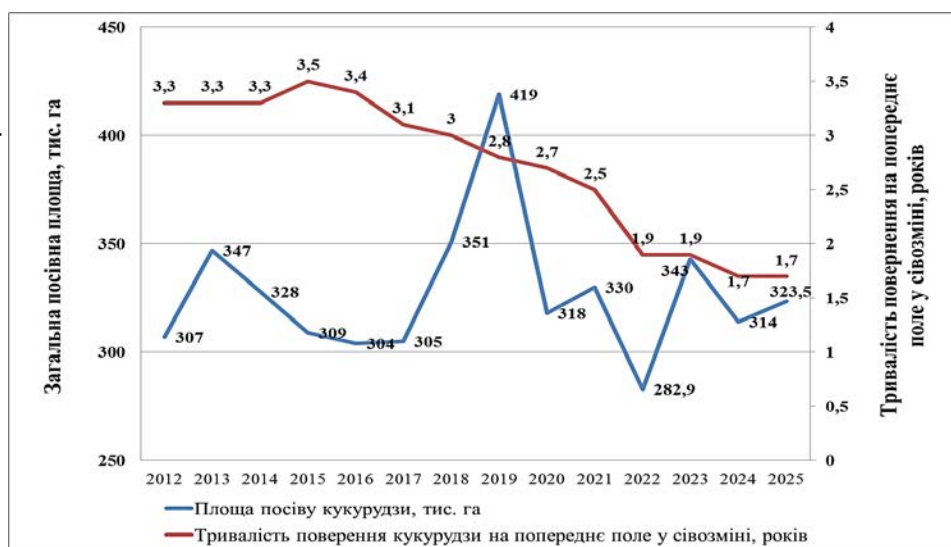


Рис. 6. Динаміка посівних площ кукурудзи та тривалість повернення кукурудзи на поле в оцінці ланок сівозміни на Вінниччині, 2012–2025 рр. (власне групування автора)

За результатами кореляційного співставлення гідротермічних ресурсів за вегетаційний період кукурудзи (середні та сумуючі параметри: сума опадів (мм), середньодобова температура (°C), гідротермічний коефіцієнт (ГТК), відносна вологість повітря (%)) у відповідні роки оцінки динаміки поширеності шкідника. Результати такого співставлення представлено у табл. 2. За результатами такої оцінки прогнозованість поширення шкідника буде зростати за зниження середньодобової температури на фоні підвищення волого забезпечення періоду та за зростання динаміки цього процесу у плані позитивного балансу температур і опадів за гідротермічного коефіцієнту та коефіцієнту зволоження періоду вегетації більше 1,0.

Таблиця 2

Регресійні залежності формування площ виявлення західного кукурудзяного жука залежно від гідротермічних параметрів вегетаційного сезону (березень–жовтень) для Вінницького району Вінницької області, за масивом даних 2012–2025 рр.

Регресійне рівняння	Множинний коефіцієнт кореляції (R)	Рівень апроксимації (R ²)	Рівень статистичної значимості (p)
$Y = 980 - 0,754X_1 + 0,529X_2$	0,759	0,653	$p < 0,01$
$Y = 1082 + 0,654X_3 + 0,759X_4$	0,712	0,609	$p < 0,01$
$Y = 1010 + 0,682X_1 + 0,609X_2 + 0,348X_4$	0,693	0,587	$p < 0,05$

Примітка. Y – площа поширення шкідника, га; X_1 – середньодобова температура повітря за період, °C; X_2 – сума опадів за період, мм; X_3 – відносна вологість повітря, %; X_4 – гідротермічний коефіцієнт; X_5 – коефіцієнт зволоження території.

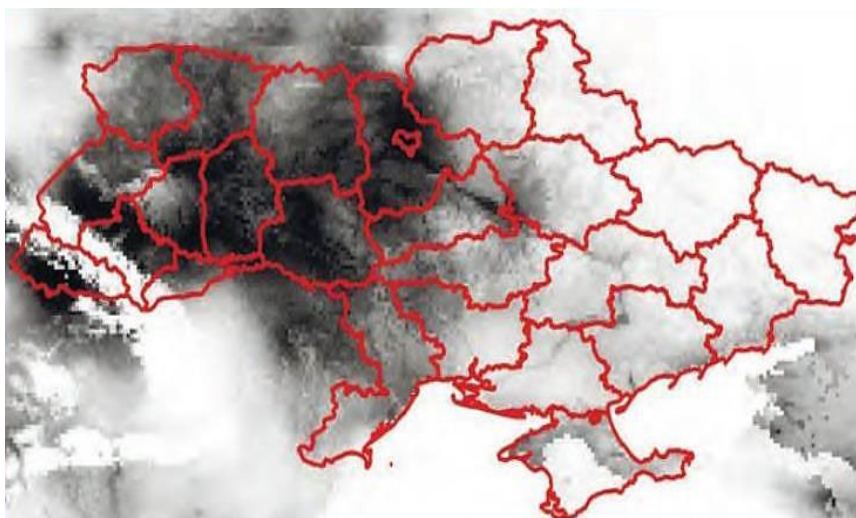


Рис. 7. Національна модель поширеності західного кукурудзяного жука (*Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte) в адміністративних районах України (модель MAXENT) (сформовано на підставі візуалізації за [39, с. 39])

Висновки та перспективи подальших досліджень. Таким чином, визначено, що західний карантинний жук стає реальною загрозою для агроценозів кукурудзи на Вінниччині. Враховуючи, що пікову шкоду чинність даного шкідника починають фіксувати протягом 4–5 років у місцях масової ідентифікації [39, с. 38], та враховуючи, що виявлені осередки шкідника на Вінниччині мають лише умовний статус локалізації – слід очікувати його поширення на решті частини Вінниччини за зростання загальної площі ідентифікації мінімум на 25–40% порівняно з досягнутою на 01.01.2026 року протягом найближчих 3–5 років.

Перспективами подальших досліджень слід вважати оцінку ефективності різних методів контролю діабротики в проблемних адміністративних регіонах України з метою зниження інвазійних ризиків шкідника та його ефективної локалізації та контролю.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Станкевич С.В., Забродіна І.В. Моніторинг шкідників сільськогосподарських культур : навч. посібник. Харків: ФОП Бровін О.В., 2016. 216 с.
2. Неїлик М.М, Пльонсак В.А., Буткалюк Т.О., Пінчук Н.В. Карантинні організми Вінницької області. Вінниця: СПД Пльонсак О.В., 2007. 101 с.
3. Мовчан О. М., Сикало О. О., Мельник П. О., Сирбу Р. Д. Поширення діабротики в Україні. *Карантин і захист рослин*. 2006. № 7. Р. 24–25.
4. Сікура О.А., Андреянова Н.І., Бокшан О.Я., Садяк А.М. Система моніторингу, прогнозування появи та розвитку західного кукурудзяного жука *Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte : методичні рекомендації. Ужгород: КП «Ужгородська міська друкарня», 2011. 44 с.
5. Андреянова Н. І., Сікура О. А. Ризик проникнення та розповсюдження *Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte у вільні від шкідника регіони України. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Біологія*. 2010. Вип. 29. С. 167–169.
6. Адамчук О. С. Розповсюдження, розвиток та методи виявлення західного кукурудзяного жука (*Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte) в Україні: автореферат дис. канд. с.-г. наук : 16.00.10 «Ентомологія». Київ. 2008. 20 с.

7. Буткалюк Т. О. Аналіз зон поширення західного кукурудзяного жука (*Diabrotica virgifera* Le Conte) в США, Європі та Україні. *Захист рослин*. 2016. № 4. С. 240–249.
8. Smith I. M., McNamara D. G., Scott P. R., Holderness M. Quarantine pests for Europe. Second Edition. Data sheets on quarantine pests for the European Union and for the European and Mediterranean Plant Protection Organization. CAB International: Wallingford, 1997. 117 p.
9. Pierce C.M.F., Gray M.E. Western Corn Rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte (Coleoptera: Chrysomelidae), Oviposition: A Variant's Response to Maize Phenology. *Environmental Entomology*. 2006. Vol. 35, Is. 2. P. 423–434.
10. Горновська С.В., Панченко Т.В. Аналіз поширення західного кукурудзяного жука (*Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte) в агроценозах України. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції "Х з'їзд ентомологічного товариства". 2–6 жовтня 2023 р. Київ: ІЗР НААН, 2023. С. 37–39.
11. Сікура О. А. Фенологія західного кукурудзяного жука (*Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte). Карантин і захист рослин. 2010. № 7. С. 12–14.
12. Сікура О. О. Екологічне обґрунтування контролю чисельності західного кукурудзяного жука (*Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte) в Закарпатті. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук. НУБіП. Київ, 2016. 156 с.
13. Мовчан О. М. Методичні рекомендації з виявлення та ідентифікації західного кукурудзяного жука. Київ, 2002. 20 с.
14. Situation of *Diabrotica virgifera virgifera* in the EPPO region. European and Mediterranean Plant Protection Organization. 2012. URL: https://www.eppo.int/ACTIVITIES/plant_quarantine/sh_orntnotes_qps/diabrotica_virgifera (дата звернення: 22.03.2026).
15. Derunkov A. C., Tishechkin A. K., Konstantinov A. S. New species of *Diabrotica* Chevrolat (Coleoptera: Chrysomelidae: Galerucinae) and a key to *Diabrotica* and related genera: results of a synopsis of North and Central American *Diabrotica* species. *Journal of Insect Biodiversity*. 2005. №3. 1–55.
16. Ivezić M., Raspudić E., Brmez M., Majic I., Brkić I., Tollefson J. J., Bohn M., Hibbard B. E., Šimić D. A review of resistance breeding options targeting western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte). *Agricultural and Forest Entomology*. 2009 Vol. 11. №3. P. 307–311
17. Огляд поширення карантинних організмів в Україні. ДЕРЖПРОДСПОЖИВСЛУЖБА. Веб-сайт. URL: <https://dpss.gov.ua> (дата звернення: 22.03.2026)
18. Буткалюк Т. О., Пінчук Н. В., Вергелес П. М. Аналіз зон поширення західного кукурудзяного жука (*Diabrotica virgifera* Le Conte) в США, Європі та Україні. Сільське господарство та лісівництво. 2016. № 4. С. 240–249.
19. Edwards C. R., Obermayer J. L., Bledsoe L. W. Corn rootworms, Integrated pest management. Field crops pest management manual. *Perdue University. Revuer*. Vol. 1/92. P. B97–B100.
20. Wesseler J., Fall E. H. Potential damage costs of *Diabrotica virgifera virgifera* infestation in Europe – the 'no control' scenario. *Journal of Applied Entomology*. 2010. Vol. 134, №. 5. P. 385–394.
21. EPPO/CABI *Diabrotica barberi* and *D. virgifera*. Quarantine Pests for Europe. CAB International, Wallingford (GB). 1997. 233–237.
22. Hammack L., Petroski R. Field capture of northern and western corn rootworm beetles relative to attractant structure and volatility. *Journal of Chemical Ecology*. 2004. № 30. 1809–1825.
23. Ferracini C., Blandino M., Rigamonti I. E., Jucker C., Busato E., Saladini M.A., Reyneri A., Alma A. Chemical-based strategies to control the western corn rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte. *Crop Protection*. 2021. Vol. 139, 105306.

24. Західний кукурудзяний жук *Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte. URL: <https://www.facebook.com/vrad.sel.rada/posts/> (дата звернення 23.03.2026)
25. Cameron E. K., Vilá M., Cabezan M. Global meta-analysis of the impacts of terrestrial invertebrate invaders on species, communities and ecosystems. *Global Ecology and Biogeography*. 2016. Vol. 25. P. 596–606.
26. Onstad D.W., Caprio M.A., Pan Z. Models of *Diabrotica* Populations: Demography, Population Genetics, Geographic Spread, and Management. *Insects*. 2020. Vol. 11. №10. 712.
27. Krysan J. L. Introduction: Biology, Distribution, and Identification of Pest *Diabrotica*. In *Methods for the Study of Pest Diabrotica*. Krysan, J. L., Miller, T. A., Eds. Springer-Verlag: New York. 1986. P. 1–23.
28. Gray M.E., Sappington T.W., Miller N.J. Handbook of Corn Rootworm Management in the United States. Springer International Publishing. 2016. 240 p.
29. Kuhlmann U., van der Burg W.A.C.M. Possibilities for biological control of the western corn rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte, in Central Europe. *Biocontrol News and Information*. 1998. Vol. 19. №2. P. 59N–68N.
30. Sappington T.W., Spencer J.L. Movement Ecology of Adult Western Corn Rootworm: Implications for Management. *Insects*. 2023. Vol. 14. Is. 12. P. 15–30.
31. Vidal S., Kuhlmann U., Edwards C.R. Western Corn Rootworm: Ecology and Management. CABI Publishing. 2005. 320 p.
32. Небезпечний шкідник – західний кукурудзяний жук. розповсюдження в Україні. URL: <https://himagro.com.ua/nebezpechnij-shkidnik-zaxidnij-kukurudzyanij-zhuk-rozpovsyudzhennya-v-ukra%D1%97ni> (дата звернення 23.03.2026)
33. Din I., Hayat Y. ANOVA or MANOVA for correlated traits in agricultural experiments. *Sarhad Journal of Agriculture*. 2021. Vol. 37. № 4. P. 1250–1259.
34. Wong J. Handbook of statistical analysis and data mining applications. Cambridge, Academic Press. 2018. 589 p.
35. Зубенко О. Г. Біляєва К. О. Аналіз поширення західного кукурудзяного жука (*Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte) в агроценозах Черкаської області та визначення стійкості окремих гібридів кукурудзи до пошкоджень. *Вісник Черкаського університету*. 2021. №2. С. 27–36.
36. Aragón P., Baselga A., Lobo J.M. Global estimation of invasion risk zones for the Western corn rootworm *Diabrotica virgifera virgifera*: integrating distribution models and physiological thresholds to assess climatic favourability. *Journal of Applied Ecology*. 2010. Vol. 47. P. 1026–1035.
37. Karczmarz K., Sionek, R. Monitoring of *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte in Poland. *Journal of Plant Protection Research*. 2009. Vol. 49. №3. P. 290–295.
38. Карась І. В. Адаптація заходів інтегрованого захисту до регіональних особливостей поширення *Diabrotica virgifera virgifera*. *Агроінком*. 2018. № 3. С. 15–19.
39. Салієнко В.О., Федоренко В.П. Сучасний стан та моделювання поширення західного кукурудзяного жука в Україні на основі ГІС аналізу кліматичних факторів. *Захист і карантин рослин*. 2024. Вип. 276. № 1. С. 33–39.
40. Kiss J., Edwards R., Berger H., Peter Cate. Monitoring of Western Corn Rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte) in Europe 1992-2003. In S.; Kuhlmann, Vidal U., Edwards. (Eds.), «Western Corn Rootworm. Ecology and Management». CAB International. Wallingford; UK. 2005. P. 29–39.

Дата першого надходження статті до видання: 06.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 631.4:633.2

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.1.15>

ЗНАЧЕННЯ БАГАТОРІЧНИХ БОБОВИХ ТРАВ У ПОКРАЩЕННІ РОДЮЧОСТІ ҐРУНТУ

Гангур В.В. — д.с.-г.н., с.н.с.,

Полтавський державний аграрний університет,

orcid.org/0000-0002-5619-492X

Водяник О.В. — аспірант кафедри землеробства і агрохімії ім. В. І. Сазанова,

Полтавський державний аграрний університет

orcid.org/0009-0005-1876-3887

У роботі проведено комплексний аналіз та систематизацію результатів наукових досліджень щодо впливу багаторічних бобових трав на формування показників родючості ґрунтів та їх ефективність як попередників інших культур у сівозміні. Встановлено, що багаторічні бобові трави є фундаментальним чинником біологізації землеробства. За результатами літературних джерел як вітчизняних, так іноземних авторів відзначено, що азотфіксуючий потенціал культур варіює в межах від 50 до 450 кг/га азоту на рік. Зокрема, лідерами за накопиченням біологічного азоту є козлятник східний (до 280 кг/га) та еспарцет піщаний (230 кг/га). Доведено, що післядія бобових трав забезпечує надходження у ґрунт 150–200 кг/га біологічного азоту з пожнивно-кореновими рештками, що за агрономічною цінністю еквівалентно внесенню 40 т/га гною. Особливу увагу приділено трансформації агрофізичних властивостей ґрунту. Багаторічні трави виступають потужним фактором структуроутворення: вже у перший рік вегетації коефіцієнт структурності підвищується в 1,5–2,7 рази, а частка агрономічно цінних агрегатів підвищується на 6–13 %. Потужна коренева система сприяє природному розуцільненню ґрунтового профілю та формуванню стійкої системи біопор, що покращує вологемність, аерацію та загальну пористість ґрунту. Відзначено позитивний вплив трав на вміст органічної речовини, зокрема за трирічний період вирощування люцерни вміст гумусу зростає на 0,4 %, а показник рН зміщується в бік нейтрального значення. Встановлено, що багаторічні трави є бажаним попередником для більшості сільськогосподарських культур у сівозмінах та забезпечують істотне збільшення врожайності як озимих зернових, так і просяних культур. Таким чином, введення багаторічних бобових трав у сучасні сівозміни є стратегічним інструментом покращення родючості ґрунтів та управління продуктивністю польових культур.

Ключові слова: біологічна азотфіксація, гумус, агрофізичні властивості, структура ґрунту, врожайність, сівозміна.

Hanhur V.V., Vodanyk O.V. The importance of perennial legumes in improving soil fertility

The study provides a complex analysis of scientific researches results on the effect of perennial legumes grasses on soil fertility and their effectiveness as precursors in crop rotation. It has been established that cultivation of perennial leguminous grasses is fundamental factor in the biologization of agriculture due to their ability to perform intensive symbiotic nitrogen fixation. According to the results of literary sources, it has been noted that its nitrogen-fixing potential varies from 50 to 45 kg/ha. In particular, the leaders in biological nitrogen accumulation are **Eastern Galega** (280 kg/ha) and **Sand Sainfoin** (230 kg/ha). The aftereffect of perennial leguminous grasses provides 150–200 kg/ha of biological nitrogen to the soil with post-harvest root residues, which is equivalent to applying 40 t/ha of manure. Particular attention is focused on the transformation of the agro-physical properties of soil. Perennial legumes grasses play a significant role in soil structure formation. Thus, in the first year of their cultivation the soil structure coefficient increases by 1.5–2.7 times, and the proportion of agronomically valuable



© Гангур В.В., Водяник О.В., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

aggregates increases by 6–13 %. Their root system promotes natural soil compaction and formation of a stable system of biopores, which improves moisture absorption, aeration, and overall soil porosity. Perennial legumes grasses have a positive effect on organic matter content. Over three-year period of alfalfa cultivation, humus content increases by 0.4 % and the pH shifts toward neutral. It has been established that perennial legumes grasses are a desirable precursor for most crops in crop rotations. Their cultivation ensures a significant increase in the yield of both winter cereals and row crops. Thus, the introduction of perennial legumes in crop rotations is a strategic method for improving soil fertility and increase crop yield.

Key words: *biological nitrogen fixation, humus, agrophysical properties, soil structure, yield, crop rotation.*

Актуальність теми дослідження. Відтворення й підвищення родючого потенціалу ґрунтів є одним із ключових завдань сталого землеробства, адже саме вміст елементів живлення, агрофізичний стан ґрунту визначають рівень урожайності та якість продукції сільськогосподарських культур. Процес відтворення родючості передбачає поєднання комплексу агротехнічних прийомів, зокрема і впровадження посівів багаторічних трав.

Багаторічні бобові трави посідають важливе місце в системі агротехнічних заходів, спрямованих на підвищення родючості ґрунтів. Вони здатні фіксувати атмосферний азот, формувати значну біомасу та збагачувати нею ґрунт, що сприяє покращенню структури ґрунту і забезпеченню його поживними речовинами, а також підвищенню продуктивності сівозмін [1, с. 182]. Тому, узагальнення та систематизація сучасних експериментальних даних щодо ролі багаторічних бобових трав у формуванні, відтворенні та підвищенні родючості ґрунту, а також впливу на врожайність наступних культур у сівозміні є актуальним.

Аналіз світових досягнень у галузі біологічної азотфіксації бобових культур. За узагальненими результатами досліджень вітчизняних наукових установ встановлено, що азотфіксуючий потенціал найбільш поширених багаторічних бобових трав становить: люцерни посівної – 210 кг/га, еспарцету піщаного – 230 кг/га, лядвенцю рогатого – 140 кг/га, буркуну білого – 200 кг/га, а козлятнику східного – до 280 кг/га [2, с. 114].

За даними Н. Я. Гетмана [3, с. 121.] посіви люцерни за період вегетації здатні фіксувати 150–200 кг азоту, і тим самим забезпечувати власні потреби в цьому елементі живлення на 30–70 %. В інших дослідженнях річна фіксація азоту може сягати 50–450 кг/га і близько 30–80 % його обсягу споживається рослинами [4, с. 84].

Дослідженнями проведеними в умовах Лісостепу Правобережного виявлено, що за оптимальних умов вегетації багаторічні бобові трави забезпечують біологічну фіксацію 500–800 кг/га атмосферного азоту. Після збирання врожаю вони залишають у ґрунті з кореневими та поживними рештками біля 150–200 кг/га азоту, що за своєю ефективністю еквівалентно внесенню 40 т/га напівперепрілого гною. У різі внесення під конюшину фосфорно-калійних добрив $P_{60}K_{90}$ обсяги біологічної азотфіксації азоту її посівами сягають 128–136 кг/га, а частка біологічно-фіксованого азоту у формуванні врожаю становить 66–67 % [5, с. 37].

Дослідження Peoples та Baldock [6, с. 345], що були проведені в різних агро-екологічних зонах Австралії та Північної Америки, свідчать про дуже широкий діапазон рівнів біологічної фіксації азоту, який становив від 4 до 284 кг/га. Водночас у посівах травосумішей (злаково-люцернових компонентів) на землях Північної Америки, за даними McCaughey та Chen [7, с. 110], показники біологічного зв'язування атмосферного азоту були більш стабільними і варіювали в межах

70–250 кг/га. У специфічних умовах басейну річки Міссісіпі посіви люцерни акумулювати в середньому 152 кг/га біологічного азоту.

Важливим чинником ефективності симбіотичної азотфіксації є вік травостоїв. Так, експерименти Беріті із співавторами [8, с. 253–254], які були проведені на сході Канади засвідчили поступове зростання продуктивності азотфіксації, зокрема впродовж першого року вона була порівняно низькою і становила 93 кг/га, що зумовлено адаптивним азотним стресом на етапі формування симбіотичних зв'язків. На другий рік життя посівами культури вже було фіксовано 258 кг/га біологічного азоту, або в 2,8 раза більше, а на третій – 227 кг/га. Подібну тенденцію із нарощування інтенсивності біологічної фіксації атмосферного азоту спостерігали у західних регіонах Канади [9, с. 9], де показник його продуктивності зріс із 174 кг/га у перший рік до 466 кг/га у третій рік вегетації. Це свідчить про те, що максимум симбіотичної азотфіксації припадає на період повного морфологічного розвитку кореневої системи та активного функціонування бульбочкових бактерій.

Науковими дослідженнями доведено, що інтенсивність відчуження надземної біомаси (частота укосів) також має безпосередні кореляційні зв'язки з обсягами фіксації азоту. Так, виявлено, що за помірного клімату (Міннесота, США), за проведення двох–шести укосів на рік люцерна фіксує 120–250 кг/га азоту [10, с. 75]. Водночас у субтропічних умовах (Аргентина), за інтенсивного використання травостою (до семи укосів на рік) обсяги фіксації біологічного азоту сягають максимальних значень – від 200 до 650 кг/га [11, с. 71].

В. Ф. Петриченко із співавторами [12, с. 134] прийшли до висновку, що технологія вирощування багаторічних бобових трав має базуватися на створенні сприятливого агроекологічного середовища, бо лише завдяки цьому можна домогтися ефективного функціонування симбіотичного апарату бульбочкових бактерій та рослини-господаря. Вони стверджують, що за умови оптимізації агротехнічних прийомів, сумарний обсяг азотфіксації за трирічний період вегетації може сягати: для люцерни – 500–600 кг/га, конюшини – 250–300 кг/га, лядвенцю – 200–250 кг/га. Важливою перевагою цих багаторічних бобових трав є те, що близько третини фіксованого атмосферного азоту (80–200 кг/га) збагачує ґрунт у складі поживно-корневих решток. При цьому коефіцієнт використання біологічного азоту наступними культурами у сівозміні досягає 100 %, що істотно перевищує ефективність засвоюваності мінеральних азотних добрив, яка становить лише 40–60 %.

Таким чином, вище приведені результати досліджень свідчать про те, що багаторічні бобові трави здатні природним шляхом забезпечувати значну частку потреби наступних культур у азоті, завдяки процесам біологічної його фіксації. Позитивним аспектом цього є істотне зменшення залежності сільськогосподарських підприємств від синтетичних азотних добрив, що не лише зумовлює зниження виробничих витрат, а й сприяє підвищенню екологічної стійкості землеробства та зменшенню антропогенного навантаження на ґрунт і довкілля.

Вплив багаторічних бобових трав на родючість ґрунту. В умовах сьогодення, за відсутності органічних добрив тваринного походження, важливу роль у збагаченні ґрунту органічною речовиною можуть відігравати багаторічні бобові трави. Варто відзначити, що показник маси рослинних решток, що накопичуються в ґрунті після багаторічних бобових трав, варіює залежно від їхніх видових біологічних особливостей та тривалості сезонів використання травостою. У процесі подальшої гуміфікації та мінералізації ця органічна маса трансформується у доступні форми елементів мінерального живлення [13]. Так, експериментальні дослідження проведені на дослідному полі Інституту сільського господарства

Північного Сходу НААН свідчать, що урожайність еспарцету та люцерни в умовах польової сівозміни за однорічного використання за кормовою (перший укіс на зелений корм, а отава другого укосу на сидерат) та сидеральною схемою використання (на сидерат повноцінний перший укіс) становила відповідно 24,5 і 23,9 та 19,3 та 18,5 т/га. Встановлено, що після багаторічних бобових трав (еспарцет, люцерна), залежно від схеми використання, у ґрунт надходить 23–30 т/га рослинної маси, що рівноцінно внесенню N_{43-57} , P_{14-18} та K_{60-78} [14, с. 86].

Дослідження Н. Я. Гетмана, Г. П. Квітко (2013) свідчать про істотне покращення агрохімічних показників сірого лісового ґрунту за трирічного вирощування багаторічних бобових трав. Зокрема, після люцерни посівної вміст гумусу збільшився з 2,3 % до 2,7 %, а кислотність ґрунтового розчину знизилася (рН зріс з 4,6 до 5,4). Вміст рухомих сполук фосфору досяг 15,5 мг/100 г ґрунту, або підвищився відносно контролю на 10,7 %. Ще більш виражений позитивний вплив спостерігали після еспарцету піщаного та лядвенцю рогатого, де вміст гумусу в ґрунті зріс до 2,8 %, показник рН змістився в бік нейтрального (5,4 та 5,9 відповідно), а вміст фосфору збільшився до 17–18 мг/100 г ґрунту.

Експериментальні дані, які одержано в умовах Правобережного Лісостепу України демонструють, що вирощування козлятнику східного впродовж трьох років забезпечує істотне поповнення запасів органічної речовини та елементів мінерального живлення у ґрунті. Відзначено нагромадження сухих кореневих решток в обсязі 7,72–12,82 т/га. Аналіз хімічного складу корневих залишків засвідчив високий вміст основних елементів живлення: азоту – 2,18–2,58 %, фосфору – 0,57–0,66 % та калію – 0,38–0,51 %. Загалом за три роки використання травостою культури у ґрунті акумулюється значна кількість біогенних елементів, зокрема 167,9–331 кг/га азоту, 43,8–84,7 кг/га фосфору та 29,4–63,8 кг/га калію [16, с. 116].

Унікальною культурою, особливо з огляду на її здатність рости на бідних та еродованих ґрунтах, де інші бобові можуть бути менш ефективними, є буркун. Завдяки потужній та глибоко проникаючій кореневій системі, він здатний формувати значну органічну масу – до 12 т/га сухої речовини корневих залишків. Зазначений обсяг біомаси виступає потужним джерелом органічного азоту, кількість якого може сягати 200–250 кг/га [17, с. 86]. Аналогічні результати досліджень одержано В. Ф. Петриченком (2008) із співавторами за дворічного вирощування буркуну.

Дослідженнями В. Г. Кургака ([2010]) встановлено, що коренева система конюшини лучної містить 2,79 % азоту в розрахунку на суху речовину, що істотно перевищує аналогічні показники у злакових багаторічних трав (1,47–1,57 %). Вузьке співвідношення вуглецю до азоту (C:N) у біомасі конюшини лучної (15–20:1) сприяє інтенсифікації процесів мінералізації органічної речовини дернини після її заорювання у ґрунт.

Таким чином потужна біомаса надземної і підземної частин багаторічних бобових трав, оптимальне співвідношення в ній C:N та кореневі екзометаболіти сприяють інтенсивному гумусоутворенню й стабілізації органічного вуглецю в ґрунті.

Поліпшення фізичних властивостей ґрунту за вирощування багаторічних бобових трав. Деградація ґрунтів належить до найбільш гострих екологічних проблем кінця XX–початку XXI століття. Цей процес охоплює близько 24 % загальної площі світового суходолу, що еквівалентно майже 35 млн км² [19, с. 10988]. Деградація ґрунтів супроводжується погіршенням їхніх фізичних, хімічних та біологічних властивостей, що призводить до істотного обмеження потенційної

продуктивності сільськогосподарських культур. Застосування традиційної відвальної оранки в сучасних агротехнологіях призвело до того, що інтенсивність ерозійних процесів у світовому масштабі в десятки та сотні разів випереджає темпи природного ґрунтоутворення [20, с. 13272]. Згідно з оцінками фахівців, щорічні втрати верхнього родючого шару ґрунту із сільськогосподарських угідь внаслідок ерозійних процесів сягають у глобальному масштабі біля 75 млрд т. При цьому майже 80% площ піддаються ерозійному впливу різного ступеня інтенсивності – від помірного до сильного [21, с. 460].

Багаторічні культури відіграють ключову роль у формуванні водостійких ґрунтових агрегатів, що є фундаментом для підтримки оптимальних фізичних властивостей ґрунту та стабільного функціонування агрофітоценозів. Стійкі до руйнування агрегати покращують здатність ґрунту накопичувати органічний вуглець і запобігають деградації його структури [22, с. 997].

Багаторічні трави є потужним чинником структурування ґрунту, що підтверджується тривалими польовими експериментами. Порівняно з однорічними культурами та чистим паром, вони забезпечують формування стабільнішої макроструктури. За даними Гхоша із співавторами (2009), встановлено, що вирощування багаторічних трав впродовж 15-ти років призвело до збільшення середнього діаметра ґрунтових агрегатів на 70 % порівняно з контролем (інтенсивний механічний обробіток). Отримані дані свідчать про значне покращення показників агрегації та зростання кількості водотривких фракцій у структурі ґрунту. Дослідження Боніна та Лала (2012) свідчать, що у ґрунтах під посівами проса прутоподібного (*Panicum virgatum* L.) та плантаціями багаторічної верби частка великих макроагрегатів була на 50 % вищою, а кількість дрібних мікроагрегатів навпаки нижчою, відносно варіанту із вирощуванням кукурудзи. Це свідчить про те, що кореневі виділення багаторічних культур утворюють полісахариди і гломалін, які «склеюють» дрібні частинки ґрунту у макроагрегати, що робить ґрунт стійким до ерозії та покращує його аерацію.

Еспериментальні дані І. Дідура, О. Ткачука (2016) також свідчать про позитивний вплив культивування бобових багаторічних трав на покращення агрофізичних властивостей ґрунту, зокрема формування його агрономічно-цінної структури. Так, за вирощування люцерни і стоколосу на чорноземних суглинкових ґрунтах впродовж чотирьох років частка агрономічно цінної фракції ґрунту розміром 0,25–10 мм збільшилася, відповідно з 66,9 до 73,5 % та з 67,8 до 74,2 %. Відзначено підвищення коефіцієнта структурності, відповідно з 2,02 до 2,77 і 2,11 до 2,89 %, а також водостійкості агрегатів – з 0,72 до 0,73 і з 0,70 до 0,73 відповідно.

Дослідженнями С. Ф. Разанова із співавторами (2018) виявлено, що вже у перший рік вегетації багаторічних бобових трав частка агрономічно цінних агрегатів зростає на 6,3–13,5 % порівняно з вихідними показниками, а коефіцієнт структурності підвищується в 1,5–2,7 рази. Найбільш виражений позитивний вплив щодо поліпшення фізичних властивостей ґрунту впродовж першого року вирощування спостерігали під посівами конюшини лучної. На другий рік культивування відзначається збільшення частки великих фракцій, що дещо знижує вміст агрономічно цінних агрегатів, проте конюшина лучна продовжує забезпечувати найкращий структуроутворювальний ефект. Тривале (чотирирічне) вирощування трав істотно інтенсифікує процеси структуроутворення, особливо за використання козлятнику східного та лядвенцю рогатого. Після оранки дворічного травостою найвищі значення коефіцієнта структурності зафіксовано у варіантах із конюшиною лучною, тоді як мінімальні – після буркуну білого. За чотирирічного циклу вирощування

коефіцієнт структурності зростає втричі порівняно з дворічним терміном, досягаючи максимуму після еспарцету піщаного та лядвенцю рогатого. Таким чином, усі види багаторічних бобових трав, що досліджували, істотно покращують агрофізичні показники ґрунту, підвищуючи його стійкість до антропогенної та природної деградації.

Формування стійкої структури ґрунту під багаторічними травами зумовлене комплексом біологічних чинників, зокрема накопиченням мікробної біомаси в прикореневій зоні та виділенням кореневих ексудатів, які діють як сполучні агенти. Важливу роль відіграє архітектоніка кореневої системи та асоційована з нею мікориза, що фізично закріплюють ґрунтові частки [27, с. 161]. Крім того, щільний рослинний покрив мінімізує антропогенний та природний вплив на ґрунт, що сприяє стабілізації агрегатного складу та запобігає прояву ерозійних процесів.

Багаторічні трави істотно впливають на щільність складення ґрунту, сприяючи розушільненню та поліпшенню його структурного стану. Щільність складення є базовим індикатором фізичного стану ґрунту: її зниження свідчить про формування оптимальної структури та відсутність переушільнення. Оптимальні параметри щільності визначаються як природними чинниками, так і антропогенним впливом, зокрема особливостями землекористування та агротехніки. Надмірне ушільнення ґрунту порушує водний, повітряний та тепловий режими, лімітує засвоєння елементів живлення, перешкоджає вільному вертикальному розвитку кореневої системи і, як наслідок, призводить до зниження врожайності культур [28, с. 133]. Водночас введення багаторічних трав у сівоzmіни може мати різний характер впливу на щільність складення та ушільнення ґрунту. Наприклад, результати окремих досліджень свідчать про зниження щільності складення переважно у верхніх горизонтах ґрунту за включення до сівоzmіни багаторічних культур [29, с. 375].

Багаторічні трави істотно трансформують структуру порового простору ґрунту, сприяючи зростанню показників загальної пористості та частки макропор, хоча їхній вплив на мікропористість має менш виражений та мінливий характер. Диференціація пор за розмірами є визначальним чинником регулювання газообміну, а також акумуляції та переміщення вологи в ґрунтовому профілі [30, с. 1636]. Встановлено, що сформована посівами люцерни система біопор характеризується високою стабільністю та пролонгованою дією, яка простежується навіть після вирощування двох наступних культур. Водночас відзначено тенденцію до поступового зменшення середнього діаметру пор у часі [31, с. 305].

Ефективність багаторічних бобових трав як попередників польових культур у сівоzmіні. Дослідження проведені в різних ґрунтово-кліматичних зонах України свідчать, що включення багаторічних бобових у сівоzmіни сприяє підвищенню врожайності наступних культур [32, с. 64]. Так, за дослідними даними відзначено, що за сівби озимих зернових культур після люцерни урожайність зерна збільшується, залежно від зони вирощування, на 0,6–1,5 т/га, кукурудзи – на 1,0–2,0 т/га, а коренеплодів буряків цукрових – до 5–8 т/га. Це зумовлено покращеним живленням рослин та зниженням забур'яненості посівів на 15–20 % завдяки конкуренції багаторічних бобових за поживні ресурси.

В умовах Лісостепу Правобережного за вирощування пшениці озимої після багаторічних бобових трав, зокрема люцерни посівної, еспарцету піщаного, лядвенцю рогатого, буркуну білого за двоукісного використання травостою урожайність зерна формується на рівні 4,5–4,8 т/га. Відзначено, що в умовах зони багаторічні бобові трави є більш ефективним попередником порівняно з паром

чорним [33, с. 63]. За результатами досліджень О. П. Ткачука (2022) встановлено, що пшениця озима, за розміщення у сівоzmіні після бобових багаторічних трав, формувала урожайність зерна в межах 4,03–5,80 т/га, а найвище її значення зафіксовано у сівоzmіні, де попередником пшениці була конюшина лучна.

За результатами польових досліджень встановлено, що в умовах нестійкого зволоження Лівобережного Лісостепу України кращим попередником пшениці озимої в сівоzmінах із короткою ротацією є еспарцет на один укіс (за типом зайнятого пару). За вирощування сорту Нива одеська після цього попередника на фоні внесення мінеральних добрив у нормі $N_{50}P_{50}K_{50}$ забезпечено врожайність на рівні 5,09 т/га [35–38]. Це підтверджує, що еспарцет як попередник не лише накопичує біологічний азот, а й зберігає достатній вміст доступної вологи для старту озимих на протигагу культурам із більш пізнім звільненням поля.

Висновки. Встановлено, що багаторічні бобові трави володіють високим потенціалом біологічної азотфіксації, завдяки якому вони щорічно, залежно від виду та умов вегетації, здатні нагромаджувати в ґрунті від 50 до 450 кг/га атмосферного азоту. Виявлено, що культивування багаторічних бобових трав забезпечує надходження у ґрунт до 23–30 т/га органічної маси, що сприяє підвищенню родючості ґрунту. Крім того трави позитивно впливають на зменшення кислотності ґрунтового розчину, а також сприяють підвищенню вмісту рухомих форм фосфору й калію. Водночас вони є кращими попередниками, забезпечуючи підвищення продуктивності як окремих культур, так і сівоzmін в цілому.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Legume Crops - Prospects, Production and Uses. Edited by Mirza Hasanuzzaman. Sher-e-Bangla Agricultural University, Bangladesh. 2020. P. 182. doi: 10.5772/intechopen.90304
2. Квітко Г.П., Ткачук О.П., Гетман Н.Я. Багаторічні бобові трави – основа природної інтенсифікації кормовиробництва та поліпшення родючості ґрунту в Лісостепу України. *Корми і кормовиробництво*. 2012. Вип. 73. С. 113–117.
3. Гетман Н.Я., Циганський В.І., Коваленко В.П. Люцерна посівна в польовому кормовиробництві. *Корми і кормовиробництво*. 2012. Вип. 73. С. 118–122.
4. Hannaway D.B., Shuler P.E. Nitrogen Fertilization in Alfalfa Production. *Journal of Agricultural Production*. 1993. Vol. 6. P. 80–85.
5. Забарна Т. А., Забарний О. С., Полгороднік О. Г., Пелех Л. В. Вплив мінеральних добрив та способу вирощування на азотфіксуючоздатність конюшини лучної в умовах Лісостепу Правобережного. *Корми і кормовиробництво*. 2013. Вип. 75. С. 35–38.
6. Peoples M.B., Baldock J.A. Nitrogen dynamics of pastures: Nitrogen fixation inputs, the impact of legumes on soil nitrogen fertility, and the contributions of fixed nitrogen to Australian farming systems. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 2001. Vol. 41(3). P. 327–346. doi:10.1071/EA99139
7. McCaughey W.P., Chen W. Benefits of including forage legumes in pastures and their management. In *Proceedings of the Western Canadian Forage and Grazing Conference*, Saskatoon, SK, Canada, 8–10 December 1999; Saskatchewan Stock Grower Association: Saskatoon, SK, Canada; 1999. P. 97–115.
8. Burity H.A., Ta T.C., Faris M.A., Coulman B.E. Estimation of nitrogen fixation and transfer from alfalfa to associated grasses in mixed swards under field conditions. *Plant Soil*. 1989. Vol. 114. P. 249–255.
9. Kelner D.J., Vessey J. K., Entz M. H. The nitrogen dynamics of 1-, 2- and 3-year stands of alfalfa in a cropping system. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 1997. Vol. 64 (1). P. 1–10. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(97\)00019-4](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(97)00019-4)

10. Zhu Y. P., Sheaffer C. C., Russelle M. P., Vance C. P. Dinitrogen fixation of annual Medicago species. In *North American Alfalfa Improvement Conference*. 1996, March. Vol. 35. P. 75.
11. Racca R., Basigalup D., Brenzoni E., Bruno O., Castell C., Collino D., Dardanelli J., Diazzorita M., Duhalde J., Gonzales N., Hansen W., Heins N., Laich F., Lopez A., Peralta O., Perticari A., Quadrelli A., Rivero E., Romero N., Sereno R. Alfalfa symbiotic dinitrogen fixation in the Argentine Pampean Region. In: *North american alfalfa improvement conference*, 36, Bozeman, Montana, 1998. Proceedings. Bozeman, Montana, 1998. P. 71.
12. Петриченко В.Ф., Квітко Г.П., Царенко М.К. Наукові основи інтенсифікації польового кормовиробництва в Україні. Вінниця: ФОП Данилюк В.Г., 2008. 240 с.
13. Fohrafellner J., Keiblinger K. M., Zechmeister-Boltenstern S., Murugan R., Spiegel H., Valkama E. Cover crops affect pool specific soil organic carbon in cropland – A meta-analysis. *European Journal of Soil Science*. 2024. Vol. 75. P. e13472. <https://doi.org/10.1111/ejss.13472>
14. Собко М. Г., Собко Н. А., Собко О. М. Роль багаторічних бобових трав у підвищенні родючості ґрунту. *Корми і кормовиробництво*. 2012. Вип. 74. С. 53–57.
15. Гетман Н.Я., Квітко Г.П. Агробіологічне обґрунтування ресурсощадних технологій вирощування фітоценозів багаторічних та однорічних кормових культур у польовому кормовиробництві. *Вісник аграрної науки*. 2013. № 9. С. 44–47.
16. Самохвал Т.П. Кормова продуктивність та агроекологічна цінність козлятника східного в умовах Правобережного Лісостепу України. *Вісник аграрної науки*. 2013. № 9. С. 114–117.
17. Макаренко П.С. Лучне і польове кормовиробництво: навчальне видання. Вінниця: ФОП Данилюк В.Г., 2008. 548 с.
18. Кургак В.Г. Лучні агрофітоценози. К.: ДІА, 2010. 374 с.
19. Singh N. Perenniality Impacts on Soil Physical and Hydraulic Properties and Ecosystem Services: A Review. *Sustainability*. 2025. Vol. 17. P. 10988. <https://doi.org/10.3390/su172410988>
20. Montgomery D.R. Soil Erosion and Agricultural Sustainability. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2007. Vol. 104. P. 13268–13272. doi:10.1073/pnas.0611508104
21. Pimentel D., Burgess M. Soil Erosion Threatens Food Production. *Agriculture*. 2013. Vol. 3. P. 443–463. <https://doi.org/10.3390/agriculture3030443>
22. Ouyang L., Wang F., Tang J., Yu L., Zhang R. Effects of Biochar Amendment on Soil Aggregates and Hydraulic Properties. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 2013. Vol. 13. P. 991–1002. doi:10.4067/S0718-95162013005000078
23. Ghosh P.K., Saha R., Gupta J.J., Ramesh T., Das A., Lama T.D., Munda G.C., Bordoloi J.S., Verma M.R., Ngachan S.V. Long-Term Effect of Pastures on Soil Quality in Acid Soil of North-East India. *Soil Research*. 2009. Vol. 47. P. 372–379. doi:10.1071/SR08169
24. Bonin C., Lal R. Physical Properties of an Alfisol under Biofuel Crops in Ohio. *Journal of Technology Innovations in Renewable Energy*. 2012. Vol. 1. P. 1. doi:10.6000/1929-6002.2012.01.01.1
25. Дідур І., Ткачук О. Екологічний вплив багаторічних трав на зміну структури ґрунту. Екологія і природокористування в системі оптимізації відносин природи і суспільства: матеріали III Міжнародної наук.-практ. конференції. 24–25 березня 2016 р. Ч. 1. Тернопіль: Крок, 2016. С. 263–265.
26. Разанов С. Ф., Ткачук О. П., Гончарук І. І., Кравченко В. С. Зміна структури ґрунту при вирощуванні бобових багаторічних трав. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2018. Випуск № 92. Ч. 1. С. 206–214.
27. Tisdall J.M., Oades J.M. Organic Matter and Water-stable Aggregates in Soils. *European Journal of Soil Science*. 1982. Vol. 33. P. 141–163. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.1982.tb01755.x>

28. Lipiec J., Hatano R. Quantification of Compaction Effects on Soil Physical Properties and Crop Growth. *Geoderma*. 2003. Vol. 116. P. 107–136. [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(03\)00097-1](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(03)00097-1)
29. Akdemir E., Anderson S.H., Udawatta R.P. Influence of Agroforestry Buffers on Soil Hydraulic Properties Relative to Row Crop Management. *Soil Science*. 2016. Vol. 181. P. 368–376. doi:10.1097/SS.0000000000000170
30. Young I.M., Crawford J.W. Interactions and Self-Organization in the Soil-Microbe Complex. *Science*. 2004. Vol. 304. P. 1634–1637. doi:10.1126/science.1097394
31. McCallum M.H., Kirkegaard J.A., Green T.W., Cresswell H.P., Davies S.L., Angus J.F., Peoples M.B. Improved Subsoil Macroporosity Following Perennial Pastures. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 2004. Vol. 44. P. 299–307. doi:10.1071/EA03076
32. Сівозміни у землеробстві України / За ред. В. Ф. Сайка, П. І. Бойка. Київ: Аграрна наука, 2002. 147 с.
33. Квітко Г. П., Протопіш І.Г., Коваленко О.А. Багаторічні бобові трави – безальтернативний попередник пшениці озимої в біологічному землеробстві Лісостепу Правобережного. *Таврійський науковий вісник*. 2013. № 83. С. 60–64.
34. Ткачук О.П. Еколого-економічна та біоенергетична оцінка технологій вирощування пшениці озимої після бобових багаторічних трав. *Зернові культури*. 2022. Т. 6. № 1. С. 124–132. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0215>
35. Гангур В. В., Котляр Я.О. Вплив попередників на винос та баланс поживних речовин під пшеницею озимою у сівозмінах з короткою ротацією. *Таврійський науковий вісник*. 2022. № 127. С. 20–26. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.127.2>
36. Гангур В. В., Котляр Я. О. Вплив попередників на поживний режим ґрунту та урожайність пшениці озимої в зоні Лівобережного Лісостепу України. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. № 26(3). С. 11–16. <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.03.02>
37. Гангур В. В., Котляр Я. О. Вплив попередників на водоспоживання та продуктивність пшениці озимої в зоні Лівобережного Лісостепу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. № 1. С. 122–127. doi: 10.31210/visnyk2021.01.14
38. Гангур В. В., Маренич А. М., Сокирко Д. Д. Вплив попередників та рівня удобрення на урожайність зерна пшениці озимої в умовах Лівобережного Лісостепу. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28(1). С. 63–67. <https://doi.org/10.31210/spi2025.28.01.11>

Дата першого надходження статті до видання: 07.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 633.8

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.1.16>

АГРОТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ ЛІКАРСЬКИХ РОСЛИН У РІЗНИХ КЛІМАТИЧНИХ УМОВАХ

Горбась С.М. – к.с.-г.н., доцент,

доцент кафедри садово-паркового та лісового господарства,

Сумський національний аграрний університет

orcid.org/0000-0003-3768-8833

Китайгора А.В. – PhD, 3-й курс, кафедра садово-паркового

та лісового господарства,

асистент, кафедри садово-паркового та лісового господарства,

Сумський національний аграрний університет

orcid.org/0009-0008-0459-3508

Коваль С.М. – PhD, 2-й курс, кафедра садово-паркового

та лісового господарства, факультет агротехнологій та природокористування,

Сумський національний аграрний університет

orcid.org/0009-0004-4678-3298

У роботі проведено комплексне дослідження агротехнологічних особливостей вирощування лікарських рослин у державах помірного кліматичного поясу – Україні, Польщі та Німеччині. Проаналізовано детермінуючий вплив метеорологічних чинників, зокрема температурного режиму, рівня опадів та інсоляції, на процеси вегетації та інтенсивність синтезу біологічно активних сполук. Виявлено значні розбіжності в агрокліматичному потенціалі та рівні інтенсифікації галузі в досліджуваних країнах. Охарактеризовано національні моделі розвитку: підкреслено природні переваги України на фоні недостатнього технічного оснащення, відзначено високу частку органічного виробництва в Польщі та інноваційно-механізований підхід Німеччини, інтегрований у фармацевтичний сектор.

Окрему увагу в дослідженні приділено вивченню видової специфіки найбільш затребуваних лікарських культур у контексті їхньої адаптивної здатності до різних едафічних умов. Встановлено, що крім кліматичних чинників, на фітохімічний профіль сировини суттєво впливають системи мінерального живлення та терміни збору. Обґрунтовано, що диференційований підхід до вибору локацій для вирощування конкретних видів дозволяє максимізувати концентрацію ефірних олій та глікозидів, що є ключовим показником якості для переробної промисловості.

Доведено, що впровадження інноваційних агротехнологій, таких як точне землеробство, системи інтелектуального зрошення та цифровий моніторинг посівів, є обов'язковою умовою конкурентоспроможності. Акцентовано на критичній важливості суворого дотримання міжнародних стандартів GACP та GMP, які забезпечують простежуваність та безпеку рослинної сировини на всіх етапах – від сівби до отримання кінцевого продукту.

Розкрито стратегічне значення лікарського рослинництва для зміцнення економічного потенціалу аграрного сектору та забезпечення фармацевтичного суверенітету держав. Визначено, що розвиток цієї галузі сприяє створенню нових робочих місць у сільській місцевості та стимулює розбудову високотехнологічних переробних потужностей. Впровадження принципів сталого розвитку та адаптація до глобальних кліматичних змін визначені як пріоритетні напрями для інтеграції українського виробника у світовий ринок лікарської сировини.

Ключові слова: лікарські рослини, агротехнології, кліматичні умови, вирощування, Україна, Польща, Німеччина, урожайність, органічне виробництво, фармацевтична сировина, біологічно активні речовини.



© Горбась С.М., Китайгора А.В., Коваль С.М., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Horbas S.M., Kytaihora A.V., Koval S.M. Agrotechnological aspects of medicinal plant cultivation in various climatic conditions

This study presents a comprehensive analysis of the agrotechnological characteristics of medicinal plant cultivation in countries of the temperate climate zone – Ukraine, Poland, and Germany. The determining influence of meteorological factors, in particular temperature regime, precipitation levels, and insolation, on vegetation processes and the intensity of biologically active compound synthesis is analyzed. Significant differences in agroclimatic potential and the level of intensification of the industry in the studied countries are identified. National development models are characterized: Ukraine's natural advantages are highlighted against the backdrop of insufficient technical equipment; the high share of organic production in Poland and Germany's innovative and mechanized approach, integrated into the pharmaceutical sector, are noted.

The study pays particular attention to examining the species-specific characteristics of the most sought-after medicinal crops in the context of their adaptive capacity to various edaphic conditions. It has been established that, in addition to climatic factors, the phytochemical profile of the raw material is significantly influenced by mineral nutrition systems and harvest timing. It is demonstrated that a differentiated approach to selecting locations for growing specific species allows for maximizing the concentration of essential oils and glycosides, which is a key quality indicator for the processing industry.

It has been proven that the adoption of innovative agricultural technologies, such as precision farming, smart irrigation systems, and digital crop monitoring, is essential for competitiveness. The critical importance of strict adherence to international GACP and GMP standards, which ensure the traceability and safety of plant raw materials at all stages – from sowing to the final product – is emphasized.

The strategic importance of medicinal plant cultivation for strengthening the economic potential of the agricultural sector and ensuring the pharmaceutical sovereignty of states is highlighted. It is determined that the development of this industry contributes to the creation of new jobs in rural areas and stimulates the development of high-tech processing facilities. The implementation of sustainable development principles and adaptation to global climate change are identified as priority areas for integrating Ukrainian producers into the global market for medicinal raw materials.

Key words: medicinal plants, agricultural technologies, climatic conditions, cultivation, Ukraine, Poland, Germany, yield, organic production, pharmaceutical raw materials, bioactive substances.

Постановка проблеми. На сьогоднішній день спостерігається стійка тенденція до підвищення попиту на фітосировину, яка слугує фундаментальною базою для отримання біоактивних компонентів, затребуваних у фармацевтичній, нутриціологічній та косметичній галузях.. Водночас ефективність їх вирощування значною мірою залежить від природно – кліматичних умов, які істотно відрізняються навіть у межах одного кліматичного поясу. Це зумовлює необхідність адаптації агротехнологій до конкретних регіональних особливостей.

Незважаючи на значний природний потенціал України для розвитку лікарського рослинництва, галузь характеризується недостатнім рівнем технологічного забезпечення, механізації та стандартизації виробництва. У той же час країни Європейського Союзу, зокрема Польща та Німеччина, демонструють більш ефективні моделі організації виробництва, що базуються на сучасних технологіях, державній підтримці та інтеграції з фармацевтичною промисловістю.

Актуальність роботи визначається потребою в системному аналізі детермінантів, що формують кількісні та якісні показники лікарських культур у різноманітних кліматичних ареалах. Особливого значення набуває вивчення та подальша імплементація прогресивних європейських методик у вітчизняну агропрактику. Такий підхід покликаний суттєво інтенсифікувати галузь, гарантувати стабільність виробничих циклів та зміцнити позиції української продукції на глобальному ринку.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Проблематика вирощування лікарських рослин та підвищення ефективності їх культивування широко висвітлена

у працях вітчизняних і зарубіжних науковців. Значна увага приділяється дослідженню біологічних особливостей лікарських рослин, умов їх вирощування та формування якісної сировини.

Зокрема, у роботах О. П. Дем'яненка розглянуто видове різноманіття лікарських рослин та їх поширення в Україні [1, с. 56–58], а Г. В. Бойко висвітлює особливості їх вирощування та практичного використання [2, с. 114]. Л. Г. Дудченко детально досліджує фармакогностичні аспекти лікарських рослин, зокрема накопичення біологічно активних речовин [4, с. 210], тоді як В. І. Жарінов і В. П. Кучерявий акцентують увагу на агроекологічних умовах та впливі факторів середовища на розвиток рослин [5, с. 180; 6, с. 205].

Серед зарубіжних дослідників варто відзначити праці U. Bomme, C. Franz та J. Novak, у яких розкрито особливості вирощування та використання ефіроолійних і лікарських культур у Європі [8, р. 120; 14, р. 65]. I. Salamon та K. Seidler – Łożukowska досліджують розвиток лікарського рослинництва в країнах Центральної Європи, зокрема Польщі, підкреслюючи роль органічного виробництва та експортної орієнтації галузі [22, р. 140; 24, р. 88]. У роботах Z. Weglarz також висвітлено сучасний стан і перспективи розвитку лікарських рослин у Польщі [25, р. 112].

Вагомий внесок у дослідження технологій вирощування лікарських рослин у Німеччині зробили Н. Heuberger, G. Rahmann та М. Schmidt, які обґрунтовують необхідність впровадження інноваційних підходів, автоматизації виробництва та дотримання міжнародних стандартів якості. У працях А. Lubbe та R. Verpoorte розглянуто загальноєвропейські тенденції культивування лікарських рослин та їх економічне значення [16, р. 95; 21, р. 150; 23, р. 110].

Окрему увагу в сучасних дослідженнях приділено впливу кліматичних змін на продуктивність лікарських культур. Зокрема, D. Lange аналізує використання, торгівлю та збереження лікарських рослин у Європі в умовах змін клімату. Вчені наголошують на необхідності адаптації агротехнологій до нових кліматичних умов, зокрема шляхом впровадження стійких сортів і оптимізації технологій вирощування [18, р. 42].

Водночас аналіз наукових праць свідчить, що, незважаючи на значний обсяг досліджень, питання комплексного порівняння особливостей вирощування лікарських рослин у різних країнах Європи з урахуванням кліматичних, технологічних та економічних чинників залишається недостатньо розкритим, що й обумовлює актуальність даного дослідження.

Постановка завдання. Метою даної роботи є аналіз особливостей культивування лікарських рослин в Україні, Польщі та Німеччині, а також визначення основних факторів, що впливають на ефективність їх вирощування. Особлива увага приділяється порівнянню кліматичних умов, технологічного рівня виробництва та перспектив розвитку галузі в досліджуваних країнах.

Виклад основного матеріалу дослідження. Клімат є одним із ключових факторів, що визначають ефективність вирощування лікарських рослин, оскільки впливає на всі етапи їх росту і розвитку. Температура, кількість опадів, вологість повітря та тривалість вегетаційного періоду формують умови накопичення біологічно активних речовин.

Україна розташована в зоні помірно – континентального клімату з чіткою сезонністю: холодними зимами та теплими або спекотними літами. Це створює сприятливі умови для вирощування багатьох лікарських культур, однак підвищує ризик стресів для рослин. Характерною є нерівномірність опадів: достатнє

зволоження на Поліссі та часті посухи у степових районах, що зумовлює потребу в зрошенні [3; 7].

Клімат Польщі є перехідним від морського до континентального, із м'якими зимами та помірно теплим літом. Рівномірний розподіл опадів забезпечує стабільні умови росту та врожайності лікарських рослин, що дозволяє ефективно планувати агротехнічні заходи.

Німеччина характеризується помірним морським кліматом із м'якими зимами, прохолодним літом і підвищеною вологістю. Рівномірні опади створюють сприятливі умови для вирощування, проте можуть сприяти розвитку грибкових захворювань.

Попри належність до одного кліматичного поясу, Україна, Польща та Німеччина мають різні кліматичні особливості: Україна – більш континентальний і нестабільний клімат, Польща – помірно стабільний, Німеччина – м'який і вологий.

Клімат також впливає на хімічний склад рослин: підвищена температура та сонячна радіація сприяють накопиченню ефірних олій і інших активних речовин. Водночас сучасні кліматичні зміни (підвищення температури, зміна режиму опадів, екстремальні явища) створюють нові виклики для агровиробництва. У зв'язку з цим важливим є впровадження адаптивних заходів, зокрема використання стійких сортів, оптимізація строків посіву, застосування зрошення та сучасних агротехнологій [5, с. 200; 16, р. 85].

На графіку відображено відносний рівень впливу основних кліматичних факторів на фізіологічні процеси рослин. Найбільш значущими є світловий режим, температура та водозабезпечення.

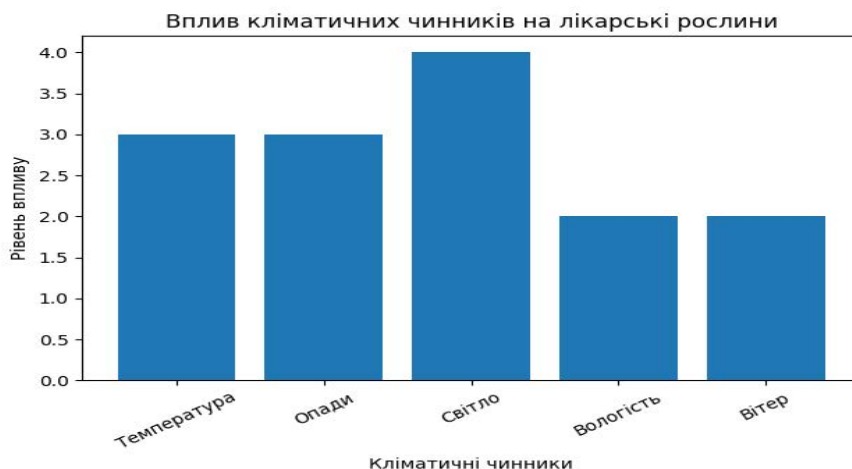


Рис. 1. Вплив кліматичних чинників на ріст і продуктивність лікарських рослин

Ключову роль у формуванні врожайності та якості лікарської сировини відіграють світло, температура та опади, що визначають інтенсивність фотосинтезу і метаболізму.

На діаграмі представлено порівняння основних кліматичних показників у трьох країнах за уніфікованою шкалою. Такий тип графіка дозволяє наочно оцінити відмінності між країнами за кожним фактором.

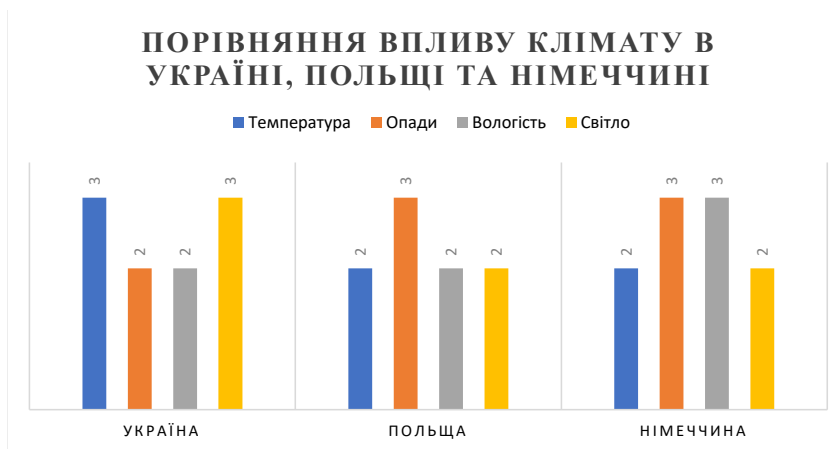


Рис. 2. Порівняльна оцінка кліматичних умов України, Польщі та Німеччини

Найбільш збалансовані кліматичні умови спостерігаються в Польщі, тоді як Україна характеризується більш контрастними показниками, а Німеччина – підвищеним рівнем вологості.

Кліматичні умови є одним із найважливіших чинників, що визначають ефективність вирощування лікарських рослин. Температура, вологість, кількість опадів, світловий режим і вітрові умови безпосередньо впливають на ріст, розвиток і накопичення біологічно активних речовин у рослинах.

Порівняльний аналіз показав, що Україна характеризується більш континентальним кліматом із підвищеними ризиками посух і температурних коливань. Польща має більш стабільні умови з достатнім зволоженням, що сприяє отриманню рівномірних урожаїв. Німеччина відзначається м'яким і вологим кліматом, який забезпечує сприятливі умови для вирощування, але потребує контролю фітосанітарного стану рослин.

Таким чином, врахування кліматичних особливостей кожної країни є необхідною умовою для ефективного культивування лікарських рослин.

Україна має значний потенціал для розвитку лікарського рослинництва завдяки сприятливим природно-кліматичним умовам і різноманіттю природних зон – Полісся, Лісостепу та Степу. Важливою особливістю є поєднання культивованих і дикорослих рослин, що зменшує витрати, але створює ризики виснаження природних ресурсів [5, с. 183; 6, с. 208].

Кліматичні умови сприяють вирощуванню традиційних лікарських культур (ромашка, м'ята, звіробій, валеріана, календула), однак нерівномірний розподіл опадів, особливо посухи в південних регіонах, ускладнює виробництво та потребує застосування зрошення або посухостійких культур. Родючі чорноземи забезпечують сприятливі умови для росту рослин.

Водночас галузь характеризується недостатнім рівнем механізації, переважанням традиційних технологій і недосконалою системою стандартизації якості. Незважаючи на це, впровадження сучасних агротехнологій, розвиток органічного виробництва та інтеграція до європейського ринку відкривають значні перспективи для підвищення ефективності галузі.

Польща є однією з провідних країн Європи у сфері вирощування лікарських рослин завдяки сприятливим природно-кліматичним умовам і добре організованій

аграрній політиці [24, р. 45; 25, р. 60]. Вона займає важливе місце на європейському ринку лікарської рослинної сировини.

Клімат країни є помірним і відносно стабільним, із достатньою кількістю опадів, що забезпечує сприятливі умови для вирощування більшості лікарських культур. У Польщі культивується широкий їх спектр, зокрема ромашка, меліса, шавлія, валеріана та інші, а також ефіроолійні рослини.

Галузь характеризується високим рівнем організації виробництва, розвитком контрактної системи з фармацевтичними компаніями, активним впровадженням органічного виробництва та сучасної техніки. Дотримання міжнародних стандартів якості, зокрема GACP, забезпечує конкурентоспроможність продукції.

Отже, лікарське рослинництво в Польщі відзначається високою технологічністю та експортною орієнтацією і може слугувати ефективним прикладом для розвитку галузі в Україні [10; 17].

Німеччина є однією з провідних країн Європи у сфері вирощування та переробки лікарських рослин завдяки високому рівню розвитку аграрного сектору та фармацевтичної промисловості. Це забезпечує ефективну інтеграцію виробництва сировини з її подальшою переробкою.

Клімат країни є помірним із морським впливом, що зумовлює м'які зими та помірно тепле літо і створює стабільні умови для росту рослин. У Німеччині вирощується широкий спектр лікарських культур, зокрема ромашка, звіробій, лаванда, календула та інші.

Галузь характеризується високим рівнем механізації, автоматизації та впровадженням інноваційних технологій, зокрема точного землеробства. Важливе значення має суворе дотримання міжнародних стандартів якості (GACP, GMP) та розвинена науково – дослідна база [9; 23, р. 120].

Культивування лікарських рослин у країнах Європи має як спільні риси, так і суттєві відмінності, зумовлені природними, економічними та технологічними чинниками. Україна, Польща та Німеччина належать до одного кліматичного поясу, проте рівень розвитку галузі в них істотно різниться.

Україна має значний природний потенціал завдяки родючим ґрунтам і різноманітним кліматичним умовам, однак він реалізується не повною мірою через недостатній рівень технологій та інвестицій. Польща займає проміжне положення, поєднуючи сприятливі природні умови з високим рівнем організації виробництва, державною підтримкою та експортною орієнтацією.

Німеччина є прикладом високотехнологічного підходу, де галузь інтегрована з фармацевтичною промисловістю, що забезпечує високу додану вартість продукції. Важливим аспектом є також динаміка розвитку галузі, зокрема зміни площ вирощування лікарських рослин у досліджуваних країнах.

Таблиця 1
Динаміка площ вирощування лікарських рослин (2019–2024 рр.), тис. га

Рік	Україна	Польща	Німеччина
2019	32	28	15
2020	30	29	16
2021	27	30	17
2022	25	31	18
2023	26	32	19
2024	28	34	20

Як видно з таблиці, в Україні спостерігалось скорочення площ у 2020–2022 роках, що пов'язано з економічними труднощами та кліматичними ризиками. Водночас у Польщі та Німеччині простежується стабільне зростання площ вирощування, що свідчить про ефективну підтримку галузі.

Не менш важливим показником є обсяг виробництва лікарської сировини, який відображає ефективність використання ресурсів і рівень технологічного розвитку.

Таблиця 2

Обсяги виробництва лікарських рослин (2019–2024 рр.), тис. тонн

Рік	Україна	Польща	Німеччина
2019	45	50	40
2020	43	52	42
2021	40	55	45
2022	38	57	47
2023	41	60	50
2024	44	63	53

Аналіз даних показує, що Польща займає лідируючі позиції за обсягами виробництва серед досліджуваних країн, тоді як Німеччина демонструє стабільне зростання завдяки високій продуктивності. В Україні ж спостерігається певна нестабільність показників.

Ще одним важливим критерієм є рівень урожайності, який відображає ефективність технологій вирощування та якість агротехнічних заходів.

Таблиця 3

Середня урожайність лікарських рослин (2019–2024 рр.), ц/га

Рік	Україна	Польща	Німеччина
2019	14	18	22
2020	14	19	23
2021	13	20	24
2022	12	21	25
2023	13	22	26
2024	14	23	27

Наведені дані свідчать, що найвищу урожайність демонструє Німеччина, що пояснюється застосуванням сучасних технологій і високим рівнем механізації. Польща також має позитивну динаміку, тоді як Україна відстає за цим показником [3; 7; 11].

Отже, порівняльний аналіз показує, що Україна має значний потенціал для розвитку лікарського рослинництва, але потребує модернізації та впровадження інновацій. Польща виступає як приклад ефективного поєднання природних ресурсів і сучасних технологій, а Німеччина – як лідер у сфері високотехнологічного виробництва та стандартизації. Подальший розвиток галузі в Україні можливий за умови адаптації європейського досвіду, підвищення рівня інвестицій і вдосконалення системи управління якістю.

Висновки. У результаті дослідження встановлено, що ефективність вирощування лікарських рослин у країнах Європи значною мірою залежить від кліматичних умов, рівня технологій та організації виробництва. Кліматичні фактори

визначають як можливість культивування окремих видів, так і їх урожайність та якість сировини.

Порівняльний аналіз України, Польщі та Німеччини показав суттєві відмінності у розвитку галузі. Україна має значний природний потенціал, але поступається за рівнем технологічного забезпечення. Польща характеризується ефективною організацією виробництва та експортною орієнтацією, тоді як Німеччина демонструє високий рівень інноваційності та стандартизації.

Отже, підвищення ефективності лікарського рослинництва в Україні можливе за рахунок впровадження сучасних технологій, розвитку органічного виробництва та використання досвіду провідних європейських країн.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Атлас лікарських рослин України / за ред. О. П. Дем'яненка. Київ : Наукова думка, 2020. 320 с.
2. Бойко Г. В. Лікарські рослини: вирощування та використання. Київ : Урожай, 2019. 256 с.
3. Державна служба статистики України. Сільське господарство України 2023 : веб-сайт. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua> (дата звернення: 14.03.2026).
4. Дудченко Л. Г. Фармакогнозія. Київ : ВСВ «Медицина», 2021. 512 с.
5. Жарінов В. І. Основи рослинництва. Київ : Либідь, 2018. 368 с.
6. Кучерявий В. П. Екологія. Львів : Світ, 2019. 504 с.
7. Міністерство аграрної політики та продовольства України : веб-сайт. URL: <https://minagro.gov.ua> (дата звернення: 12.03.2026).
8. Bomme U. Medicinal and aromatic plants in Germany. Berlin : Springer, 2020. 280 p.
9. European Commission. Herbal medicine market report : веб-сайт. URL: <https://ec.europa.eu> (дата звернення: 10.03.2026).
10. European Herbal & Traditional Medicine Practitioners Association : веб-сайт. URL: <https://www.ehtpa.eu> (дата звернення: 26.03.2026).
11. Eurostat. Agricultural production statistics : веб-сайт. URL: <https://ec.europa.eu/eurostat> (дата звернення: 11.03.2026).
12. FAOSTAT Database : веб-сайт. URL: <https://www.fao.org/faostat> (дата звернення: 11.03.2026).
13. Food and Agriculture Organization (FAO). Medicinal and aromatic plants report : веб-сайт. URL: <https://www.fao.org> (дата звернення: 13.03.2026).
14. Franz C., Novak J. Sources of essential oils. Vienna : Springer, 2019. 350 p.
15. Global Market Insights. Herbal medicine market size report : веб-сайт. URL: <https://www.gminsights.com> (дата звернення: 10.03.2026).
16. Heuberger H. Organic cultivation of medicinal plants. Bonn : Springer, 2023. 310 p.
17. International Trade Centre. Trade map : веб-сайт. URL: <https://www.trademap.org> (дата звернення: 11.03.2026).
18. Lange D. Europe's medicinal and aromatic plants: their use, trade and conservation. Cambridge : Traffic International, 2021. 75 p.
19. Lubbe A., Verpoorte R. Cultivation of medicinal plants in Europe. *Industrial Crops and Products*. 2020. Vol. 148. P. 112–118.
20. OECD. Agricultural outlook 2023–2032 : веб-сайт. URL: <https://www.oecd.org> (дата звернення: 13.03.2026).
21. Rahmann G. Sustainable agriculture in Europe. Berlin : Springer, 2021. 330 p.
22. Salamon I. Production of medicinal plants in Central Europe. Bratislava : Academic Press, 2019. 295 p.
23. Schmidt M. Medicinal plant production systems. Hamburg : Academic Press, 2022. 275 p.
24. Seidler-Łożykowska K. Medicinal plant cultivation in Poland. Poznań : University Press, 2021. 240 p.
25. Weglarz Z. Herbs and medicinal plants in Poland. Warsaw : PWN, 2022. 260 p.

Дата першого надходження статті до видання: 03.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 631.147:338.43

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.1.17>

ФОРМУВАННЯ ТА РОЗВИТОК СИСТЕМИ АГРОХІМІЧНОГО СЕРВІСУ В УКРАЇНІ В УМОВАХ ТРАНСФОРМАЦІЇ РИНКОВИХ ВІДНОСИН (ОГЛЯДОВА)

Григорів Я.Я. – к.с.-г.н.,

доцент кафедри лісового і аграрного менеджменту,

Карпатський національний університет ім. В. Стефаника

orcid.org/0000-0002-5892-9483

У статті досліджено особливості формування, функціонування та розвитку системи агрохімічного сервісу в Україні в умовах трансформаційної економіки. Обґрунтовано актуальність проблеми з огляду на тривалі кризові явища в національній економіці, які негативно позначилися на фінансово-економічному стані сільськогосподарських товаровиробників, обсягах хімізації землеробства та рівні родючості ґрунтів. Показано, що скорочення використання агрохімічних засобів і зменшення ринку агрохімічних послуг призвели до погіршення якості сільськогосподарської продукції та послаблення продовольчої безпеки держави.

Розкрито роль агрохімічного сервісу як ключової посередницької та інтегруючої ланки між промисловим виробництвом агрохімікатів і технічних засобів та безпосередньо аграрним виробництвом. Доведено, що ефективність функціонування аграрного сектору значною мірою залежить від узгодженості взаємодії між виробниками агрохімічних ресурсів, сервісними структурами та сільськогосподарськими підприємствами. Наголошено на доцільності застосування системного та синергетичного підходів до аналізу ринку агрохімічних послуг як складної багаторівневої системи з ієрархічною структурою та взаємопов'язаними елементами.

У роботі здійснено ретроспективний аналіз становлення вітчизняної системи агрохімічного сервісу, виокремлено основні етапи її розвитку – від командно-адміністративної моделі управління до сучасних ринкових форм організації. Охарактеризовано трансформаційні зміни у структурі агрохімічної служби, визначено вплив реформування соціально-економічних відносин на обсяги та структуру агрохімічних послуг. Проаналізовано сучасну нормативно-правову базу, що регулює діяльність агрохімічного сервісу, та обґрунтовано її значення для забезпечення науково обґрунтованого й екологічно безпечного використання агрохімічних ресурсів.

Зроблено висновок, що подальший розвиток агрохімічного сервісу потребує впровадження економічно виважених механізмів узгодження інтересів учасників аграрного ринку, посилення ролі держави у формуванні ефективної аграрної та екологічної політики, а також удосконалення інституційних і організаційних засад функціонування цієї системи. Реалізація зазначених підходів сприятиме відновленню родючості ґрунтів, підвищенню ефективності аграрного виробництва та зміцненню продовольчої безпеки України.

Ключові слова: агрохімічний сервіс, аграрне виробництво, ринок агрохімічних послуг, хімізація землеробства, родючість ґрунтів, продовольча безпека.

Hryhoriv Ya.Ya., Formation and Development of the Agrochemical Service System in Ukraine under the Conditions of Market Relations Transformation

The article examines the features of the formation, functioning, and development of the agrochemical service system in Ukraine within the context of a transforming economy. The relevance of the issue is justified by prolonged crisis phenomena in the national economy, which negatively affected the financial and economic condition of agricultural producers, the volume of agricultural chemical use, and soil fertility levels. It is shown that the reduction in the application of agrochemical inputs and the contraction of the agrochemical services market have led to a decline in the quality of agricultural products and weakened the country's food security.



© Григорів Я.Я., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

The study highlights the role of agrochemical services as a key intermediary and integrative link between industrial production of agrochemicals and technical means and agricultural production itself. It demonstrates that the efficiency of the agricultural sector largely depends on the coherence of interactions among agrochemical resource producers, service structures, and agricultural enterprises. The necessity of applying systemic and synergetic approaches to analyze the agrochemical services market is emphasized, considering it as a complex multi-level system with a hierarchical structure and interrelated elements.

A retrospective analysis of the development of Ukraine's agrochemical service system is conducted, identifying its main stages—from the command-administrative management model to contemporary market-based organizational forms. Transformational changes in the structure of the agrochemical service are characterized, and the impact of socio-economic reforms on the volume and structure of agrochemical services is evaluated. The current regulatory and legal framework governing agrochemical service activities is analyzed, and its significance in ensuring scientifically grounded and environmentally safe use of agrochemical resources is substantiated.

The article concludes that the further development of the agrochemical service requires the implementation of economically balanced mechanisms for reconciling the interests of participants in the agricultural market, strengthening the role of the state in shaping effective agricultural and environmental policies, and improving the institutional and organizational foundations of the system. The application of these approaches will contribute to restoring soil fertility, enhancing agricultural production efficiency, and reinforcing Ukraine's food security.

Key words: agrochemical service, agricultural production, agrochemical services market, agricultural chemical use, soil fertility, food security.

Постановка проблеми. Кризові явища в економіці України – передусім цінові, кредитні, інвестиційні та податкові, що проявилися після проголошення незалежності, сформували несприятливі умови для діяльності сільськогосподарських підприємств і сервісних структур, зокрема у сфері агрохімічного обслуговування. За таких умов нестійкість господарювання, низька результативність аграрного виробництва та незадовільний фінансово-економічний стан товаровиробників, спричинений дефіцитом обігових коштів, обумовили вимушене обмеження використання засобів хімізації й проведення агрохімічних заходів. Це зумовило поступове скорочення ринку агрохімічних послуг, що негативно вплинуло на рівень родючості ґрунтів, якість і обсяги сільськогосподарської продукції та, відповідно, послабило продовольчу безпеку держави.

Агрохімічні формування виступають ключовою ланкою у взаємодії між виробниками агрохімічних ресурсів та сільськогосподарськими підприємствами, а рівень узгодженості їхньої діяльності визначає ефективність аграрного виробництва. Зважаючи на те, що ринок агрохімічних послуг має ознаки складної системи – наявність внутрішньої структури, ієрархічної організації, а також взаємозалежних і взаємовпливових елементів – його дослідження доцільно базувати на методології системного та синергетичного підходів. Сучасна вітчизняна система агрохімічного сервісу перебуває на етапі становлення, а темпи її розвитку визначатимуться як загальними трансформаціями економіки, узгодженістю дій державних інституцій та професійних структур, так і регіональними чинниками, зокрема механізмами взаємодії учасників агрохімічного сервісу на локальному рівні [1, с. 234; 2, с. 90–91].

В умовах сучасного господарювання, сформованих під впливом ринкових механізмів управління економікою, спостерігаються істотні трансформації у виробничо-господарських взаєминах між сільськогосподарськими товаровиробниками та системою агрохімічного сервісу. За таких обставин одним із пріоритетних завдань агропромислового комплексу є удосконалення та забезпечення результативної взаємодії зазначених суб'єктів аграрного ринку. Узгодженість технологічних процесів і стійкість зв'язків між учасниками ринку агрохімічних послуг є передумовами

підвищення ефективності функціонування аграрного сектору загалом. Практика країн із розвиненою ринковою економікою підтверджує, що за умов сформованого механізму дії ринкових інструментів агрохімічний сервіс відіграє ключову роль у визначенні обсягів та структури сільськогосподарського виробництва, а також у забезпеченні результативного розвитку як власне агрохімічної служби, так і сільського господарства як важливих складових агробізнесу.

Розвиток сільськогосподарського виробництва значною мірою визначає особливості функціонування системи агрохімічного сервісу, оскільки виробнича діяльність основних споживачів цих послуг – аграрних підприємств та їх фінансові можливості і здатність виконувати якісні й економічно обґрунтовані агрохімічні роботи власними ресурсами формують попит, обсяги та структуру агрохімічних послуг. Відтак саме ці чинники визначають виробничий і господарський потенціал підприємств агрохімічного обслуговування.

Крім того, агрохімічний сервіс тісно пов'язаний із промисловим сектором, насамперед із виробництвом агрохімікатів та спеціалізованої техніки для їх застосування. Це зумовлено тим, що реалізація агрохімічних засобів формує потребу в послугах із їхнього правильного використання, тоді як надання таких послуг, у свою чергу, стимулює попит на агрохімікати й технічні засоби їх внесення. Технологічні особливості виробництва сільськогосподарської продукції визначають ключову роль агрохімічного сервісу як посередницької ланки між промисловим виробництвом, передусім засобів хімізації та техніки, і власне аграрним виробництвом.

Представлений аналіз свідчить, що питання розвитку агрохімічного сервісу є надзвичайно актуальним для сучасного агропромислового комплексу України. Тривалі кризові явища в економіці, нестача фінансових ресурсів та скорочення обсягів хімізації призвели до зниження родючості ґрунтів, погіршення якості продукції та загрози продовольчій безпеці держави. У цих умовах саме агрохімічні формування виконують ключову роль у забезпеченні раціонального використання агрохімічних ресурсів, підвищенні ефективності виробництва та підтриманні сталого функціонування аграрного сектору.

Складність та системний характер ринку агрохімічних послуг вимагають ґрунтовного наукового дослідження його структури, взаємодії суб'єктів і чинників, що впливають на його розвиток. Додаткової актуальності проблемі надає взаємозалежність агрохімічного сервісу з промисловим виробництвом агрохімікатів і техніки, а також із фінансовою спроможністю сільськогосподарських підприємств, що формують попит на ці послуги.

Отже, поглиблене вивчення функціонування і розвитку системи агрохімічного сервісу є необхідною умовою для забезпечення сталого виробництва, відновлення родючості ґрунтів та підвищення конкурентоспроможності аграрного сектора України в умовах ринкової економіки.

Постановка завдання. У контексті затяжних кризових процесів в економіці України, що зумовили погіршення фінансового стану аграрних підприємств, скорочення обсягів хімізації та звуження ринку агрохімічних послуг, постає необхідність комплексного дослідження сучасного стану та тенденцій розвитку системи агрохімічного сервісу. З огляду на системний та взаємозалежний характер ринку агрохімічних послуг, його участь у забезпеченні родючості ґрунтів, якості продукції та продовольчої безпеки держави, ключовим завданням є виявлення чинників, що визначають ефективність функціонування агрохімічних формувань, а також механізмів взаємодії між виробниками агрохімічних ресурсів, сервісними структурами та сільськогосподарськими товаровиробниками.

Завданням дослідження є:

- проаналізувати вплив кризових економічних явищ на формування попиту, структуру та обсяги агрохімічних послуг;
- оцінити роль агрохімічних формувань як посередницької та інтегруючої ланки між промисловим виробництвом агрохімікатів та аграрними підприємствами;
- визначити чинники та умови, що забезпечують ефективність взаємодії суб'єктів ринку агрохімічного сервісу на національному та регіональному рівнях;
- обґрунтувати необхідність застосування системного та синергетичного підходів до аналізу структури та функціонування агрохімічного сервісу;
- установити напрями вдосконалення механізмів розвитку агрохімічного обслуговування, спрямовані на підвищення ефективності аграрного виробництва, відновлення родючості ґрунтів і зміцнення продовольчої безпеки держави.

Таким чином, метою завдання є комплексне вивчення особливостей функціонування та розвитку агрохімічного сервісу в Україні з урахуванням сучасних економічних умов, що забезпечить наукове підґрунтя для формування ефективних управлінських рішень у сфері агрохімічного обслуговування.

Матеріали та методи досліджень. У процесі аналізу й узагальнення отриманих результатів було залучено матеріали власних досліджень, статистичні дані державних органів та довідкові відомості, опубліковані у науковій літературі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Враховуючи, що ефективність функціонування сільськогосподарських підприємств і зміцнення їх конкурентних позицій значною мірою залежать від належної організації агрохімічного сервісу, актуальним є всебічне дослідження етапів формування цієї системи. Аналіз історичних передумов розвитку агрохімічного сервісу дає можливість визначити його сильні та слабкі сторони з позицій сучасних вимог. Формування системи агрохімічного обслуговування в Україні відбувалося в умовах переходу від командно-адміністративної моделі управління до ринкової економіки, що супроводжувалося глибокими структурними трансформаціями. Початок розвитку агрохімії на українських землях належить до 1917 року [3, с. 150; 4, с. 12; 5, с. 14]. Водночас економічні труднощі того періоду обмежували масштаби застосування хімічних засобів у сільському господарстві, що зумовлювало низьку результативність їх використання.

Зазначимо, що агрохімічний сервіс пройшов тривалий історичний етап встановлення та реформування. Структуру агрохімічної служби до проведення реформ наведено на рис. 1.

Період реформування соціально-економічних відносин, що розпочався в Україні у 1991 р., супроводжувався економічною кризою, яка найбільше вдарила по аграрній галузі. Сільгоспвиробники не мали коштів для оплати агрохімічних послуг і закупівлі добрив, а ціни на хімічну продукцію стрімко зростали через скорочення її виробництва. Основним чинником цього було порушення зв'язків між виробниками мінеральних добрив і постачальниками необхідних ресурсів.

3 травня 1999 р. НА «Укрсільгоспхімія» функціонує як недержавна організація, основними завданнями якої є, по-перше, координація діяльності регіональних агрохімічних формувань з урахуванням особливостей їх виробничої спеціалізації, зокрема у сфері агрохімічного забезпечення сільськогосподарського виробництва, та, по-друге, представництво й захист інтересів засновників у органах державної влади [3, с. 155].

На сучасному етапі агрохімічний сервіс в Україні здійснюється суб'єктами різних форм власності: державної – Державним технологічним центром охорони

родючості ґрунтів і якості продукції, Головною державною інспекцією захисту рослин, науково-дослідними та освітніми установами; корпоративної – НА «Укр-сільгоспхімія», ВАТ «Агрохімцентр», обласними й районними формуваннями «Сільгоспхімія»; приватної – комерційними сервісними структурами.

Ретроспективне дослідження дало змогу окреслити три ключові етапи становлення національної системи агрохімічного сервісу (Табл. 1.).

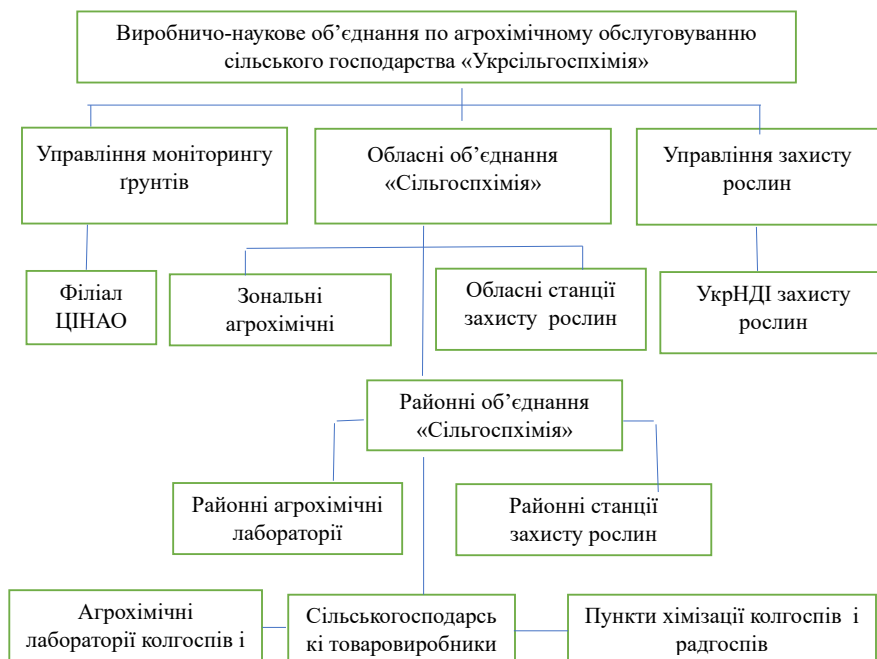


Рис. 1. Структура агрохімічної служби в дореформенний період [6, с. 6]

Таблиця 1

Еволюція формування системи агрохімічного сервісу в Україні

Етапи	Характеристика
1 етап (до 1991 р.)	Централізована планово-розподільча модель управління процесом забезпечення аграрних товаровиробників засобами хімізації та встановлення фіксованих тарифів на послуги агрохімічного обслуговування.
2 етап (90-ті рр. – поч. 2000 р.)	Розглядається як перехідний етап, на якому недосконалість механізмів управління агрохімічним обслуговуванням у період трансформаційних змін призвела до істотного скорочення обсягів використання засобів хімізації, зниження виробничого потенціалу аграрного сектору, погіршення показників родючості ґрунтів і послаблення рівня продовольчої безпеки держави.
3 етап (поч. 2000 р. – до сьогодні)	Усунення держави від безпосередньої участі в агрохімічному забезпеченні сільськогосподарського виробництва та впровадження ринкових засад функціонування системи агрохімічного сервісу.

Сьогодні чинна нормативно-правова база України формує розвинену систему правового регулювання функціонування агрохімічного сервісу. Вона охоплює норми, закріплені в законах України «Про пестициди і агрохімікати», «Про захист

рослин», «Про охорону навколишнього природного середовища», «Про меліорацію земель», «Про відходи», «Про загальнодержавну програму поводження з токсичними відходами», «Про затвердження Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України», «Про державну підтримку розвитку виробництва і споживання хімічних добрив в Україні у зв'язку із світовою фінансовою та економічною кризою», а також положення Земельного кодексу України, Указу Президента України «Про суцільну агрохімічну паспортизацію земель сільськогосподарського призначення», урядових програм з інтенсифікації землеробства та низки підзаконних нормативних актів, спрямованих на реалізацію зазначених законодавчих положень [7–21].

Сукупність цих документів визначає вимоги до науково обґрунтованого й екологічно безпечного агрохімічного обслуговування сільськогосподарських товаровиробників та створює правові передумови для сталого розвитку системи агрохімічного сервісу. Таким чином, у процесі трансформації вітчизняної системи агрохімічного обслуговування відбулися суттєві організаційні зміни. Водночас становлення ринкових механізмів зумовило ускладнення взаємодії між суб'єктами ринку агрохімічного сервісу, що істотно вплинуло на обсяги й структуру агрохімічних послуг, які надаються сільськогосподарським товаровиробникам.

Формування ринкових засад господарювання активізувало конкурентні процеси на ринку агрохімічних послуг, водночас істотно трансформували характер взаємодії між його учасниками. У зв'язку з цим у сучасних умовах особливої актуальності набуває впровадження економічно обґрунтованих механізмів узгодження інтересів суб'єктів агробізнесу, що забезпечуватимуть їх ефективну адаптацію до динамічних змін ринкового середовища. Важливу роль у цьому процесі відіграє держава, яка виступає ключовим індикатором результативності реалізації аграрної та екологічної політики у сфері агрохімічного сервісу.

Висновки. Проведене дослідження засвідчує, що система агрохімічного сервісу в Україні сформувалася та розвивається в умовах тривалих економічних трансформацій, що супроводжувалися кризовими явищами у фінансово-кредитній, інвестиційній та цінovій сферах. Ці процеси істотно обмежили можливості сільськогосподарських товаровиробників щодо використання засобів хімізації, що негативно позначилося на рівні родючості ґрунтів, якості продукції та продовольчій безпеці держави.

Встановлено, що агрохімічний сервіс відіграє ключову роль у забезпеченні ефективної взаємодії між виробниками агрохімічних ресурсів, сервісними структурами та аграрними підприємствами, виступаючи інтегруючою ланкою між промисловим і сільськогосподарським виробництвом. Його функціонування має системний характер і визначається сукупністю економічних, організаційних, технологічних та інституційних чинників.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Хорунжий М. Й. Організація агропромислового комплексу: підручник. Київ: КПЕУ, 2001. 382 с.
2. Чайка В. Д. Розвиток сфери матеріально-технічного і сервісного обслуговування сільського господарства України. *Економіка АПК*. 1998. № 8. С. 89–92.
3. Агрохімія: підручник / М. М. Городній та ін.; за ред. М. М. Городнього. Київ: Алефа, 2003. 778 с.
4. Агрохімія: підручник / І. М. Карасюк та ін.; за ред. І. М. Карасюка. Київ: Вища школа, 1995. 471 с.
5. Аграрний сектор України на шляху до Євроінтеграції: монографія / М. Бетлій та ін.; за ред. О. М. Бородіної. Ужгород: ІВА, 2006. 496 с.

6. Лісовой Н. В. Удосконалення агрохімічного обслуговування колгоспів і радгоспів. Київ: Урожай, 1988. 141 с.
7. Про пестициди і агрохімікати: Закон України від 02 берез. 1995 р. № 86/95. *Відомості Верховної Ради України*. 1995. № 14. Ст. 91.
8. Про відходи: Закон України від 05 берез. 1998 р. № 187/98. *Відомості Верховної Ради України*. 1998. № 36–37. Ст. 242.
9. Про захист рослин: Закон України від 14 жовт. 1998 р. № 180-XIV. *Відомості Верховної Ради України*. 1998. № 50-51. С. 310.
10. Про загальнодержавну програму поводження з токсичними відходами: Закон України від 14 верес. 2000 р. № 1947-III. *Відомості Верховної Ради України*. 2000. № 44. Ст. 272.
11. Про затвердження Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2010 року: Закон України від 22 лют. 2006 р. № 3458-IV. URL: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/T063458.html (дата звернення: 19.01.2026).
12. Про державну підтримку розвитку виробництва та споживання хімічних добрив в Україні в зв'язку з світовою фінансовою та економічною кризою: Закон України від 10 черв. 2009 р. № 4632. URL: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/JF3KO00A.html (дата звернення: 19.01.2026).
13. Про суцільну агрохімічну паспортизацію земель сільськогосподарського призначення: Указ Президента України від 02 груд. 1995 р. № 1118/95. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=1118%2F95> (дата звернення: 19.01.2026).
14. Про порядок поставки товаровиробникам бензину, сільськогосподарським дизельного палива, мінеральних добрив та засобів захисту рослин: постанова Кабінету Міністрів України від 09 лют. 1994 р. № 86. Урядовий кур'єр. 1994. 17 лют.
15. Про забезпечення сільського господарства хімічними засобами захисту рослин у 1995 році: постанова Кабінету Міністрів України від 22 берез. 1995 р. № 204. Урядовий кур'єр. 1995. 18 квіт.
16. Про забезпечення сільськогосподарських товаровиробників мінеральними добривами та засобами захисту рослин у 1996 році: постанова Кабінету Міністрів України від 25 трав. 1996 р. № 562. URL: <http://zakon.rada.gov.ua> (дата звернення: 19.01.2026).
17. Про порядок забезпечення сільськогосподарських товаровиробників мінеральними добривами і засобами захисту рослин під урожай 1997 року: постанова Кабінету Міністрів України від 06 січ. 1997 р. № 3. *Агрокомпас*. 1997. № 2. С. 6.
18. Про умови забезпечення мінеральними добривами потреб сільського господарства під урожай 1998 року: постанова Кабінету Міністрів України від 03 верес. 1997 р. № 977. *Агрокомпас*. 1997. № 10. С. 18–19.
19. Про забезпечення сільського господарства хімічними засобами захисту рослин у 1998-1999 роках: постанова Кабінету Міністрів України від 25 серп. 1998 р. № 1338. Урядовий кур'єр. 1998. 17 груд.
20. Про забезпечення сільськогосподарських товаровиробників матеріально-технічними та фінансовими ресурсами в 1999 р.: постанова Кабінету Міністрів України від 10 груд. 1998 р. № 1953. *Агрокомпас*. 1999. № 2. С. 4–9.
21. Про нові підходи до забезпечення сільськогосподарських товаровиробників матеріально-технічними ресурсами: постанова Кабінету Міністрів України від 17 січ. 2000 р. № 50. *Агрокомпас*. 2000. № 3. С. 10–11.

Дата першого надходження статті до видання: 06.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 633.11:631.8:632 (477.72)

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.1.18>

ФІТОСАНІТАРНИЙ СТАН АГРОЦЕНОЗІВ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ВНЕСЕННЯ АЗОТНИХ ДОБРИВ

Грицюк Н.В. – к.с.-г.н.,

доцент кафедри здоров'я фітоценозів і трофології,

Поліський національний університет

orcid.org/0000-0002-4185-7495**Довбиш Л.Л.** – к.с.-г.н.,

доцент кафедри ґрунтознавства та землеробства, Поліський національний університет

orcid.org/0000-0002-0528-145**Цуман Н.В.** – к.с.-г.н., доцент,

завідувач кафедри агрономія та лісове господарство,

Житомирський агротехнічний фаховий коледж

orcid.org/0000-0003-0770-6009**Журавська І.А.** – к.с.-г.н., викладач,

Житомирський агротехнічний фаховий коледж

orcid.org/0000-0001-9332-1134

Вивчали вплив різних норм азотного живлення на фітосанітарний стан агроценозу пшениці озимої у виробничих умовах Житомирської області. За результатами досліджень встановлено, що внесення високих норм добрив N_{120} , N_{150} у період весняного підживлення пшениці озимої призвело до негативних змін шкідливої біоти агроценозу. Спостерігали зменшення кількості бур'янів на 78 штук з 1 м^2 , порівняно з дослідними ділянками де застосовували низькі норми добрив N_{0-30} , при цьому, зросла фітомаса бур'янів на 133 г/м^2 а маса однієї рослини бур'яну – на $0,84\text{ г}$, це позначилося на шкідливості бур'янів уцілому. Також, при внесенні збільшених норм азоту спостерігали більший розвиток борошнистої роси на $0,4\text{--}1,2\%$, септоріозу – на $2,2\text{--}8,4\%$. Зафіксовано, позитивну залежність між рівнем азотного живлення та ступенем пошкодженості листків фітофагів, а саме п'явиці, що свідчить про стимулюючу дію підвищених доз азоту на трофічну активність зазначених шкідників. Зворотна закономірність була виявлена для злакових попелиць, чисельність яких була невисокою, та ще більше зменшувалась під впливом азотних добрив. Різниця між щільністю попелиць у варіантах з низьким та середнім рівнем азотного живлення склала 2,3 рази, а у варіантах з низьким і високим рівнем азотних добрив – 2,7 рази. Виявлені зміни у фітосанітарному стані вплинули на показники продуктивності пшениці озимої. Зі збільшенням рівня азотного живлення спостерігали значне зростання структурних характеристик рослин та врожайності пшениці озимої, приріст врожаю пшениці озимої при середньому рівні азотного живлення – $1,0\text{ т/га}$ та $1,56\text{ т/га}$ – при високому, порівняно з низьким внесенням.

Таким чином, застосування середніх і підвищених доз азотного підживлення сприяє зростанню ризику втрат урожаю пшениці озимої внаслідок посилення розвитку бур'янової рослинності та хвороб. У зв'язку з цим, підвищується потреба у проведенні гербіцидних і фунгіцидних обробок, як важливих елементів системи захисту посівів культури.

Ключові слова: пшениця озима, азотне підживлення, бур'янова рослинність, борошниста роса, септоріоз, злакові попелиці, врожайність



© Грицюк Н.В., Довбиш Л.Л., Цуман Н.В., Журавська І.А., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Hrytsiuk N.V., Dovbysh L.L., Tsuman N.V., Zhuravska I.A. Phytosanitary state of agroecosystems of winter wheat depending on the application of nitrogen fertilizers

The influence of different nitrogen feeding rates on the phytosanitary condition of the winter wheat agroecosystem in the production conditions of the Zhytomyr region was studied. According to the results of the research, it was found that the application of high rates of fertilizers N_{120} , N_{150} during the spring fertilizing of winter wheat led to negative changes in the harmful biota of the agroecosystem. A decrease in the number of weeds by 78 pieces per 1 m^2 was observed, compared to the experimental plots where low rates of fertilizers N_{0-30} were used, while the phytomass of weeds increased by 133 g/m^2 , and the mass of one weed plant – by $0,84\text{ g}$, which affected the harmfulness of weeds as a whole. Also, when applying increased nitrogen rates, a greater development of powdery mildew by $0,4-1,2\%$, septoria leaf spot – by $2,2-8,4\%$ was observed. A positive relationship was recorded between the level of nitrogen nutrition and the degree of damage to the leaves of phytophagous plants, namely leeches, which indicates the stimulating effect of increased doses of nitrogen on the trophic activity of these pests. The reverse pattern was found for cereal aphids, the number of which was low, and decreased even more under the influence of nitrogen fertilizers. The difference between the density of aphids in the variants with a low and medium level of nitrogen nutrition was 2,3 times, and in the variants with a low and high level of nitrogen fertilizers – 2,7 times. The detected changes in the phytosanitary state affected the productivity indicators of winter wheat. With an increase in the level of nitrogen nutrition, a significant increase in the structural characteristics of plants and the yield of winter wheat was observed, the increase in the yield of winter wheat at an average level of nitrogen nutrition – $1,0\text{ t/ha}$ and $1,56\text{ t/ha}$ – at a high, compared to low, application.

Thus, the use of medium and high doses of nitrogen fertilization contributes to an increase in the risk of winter wheat crop losses due to increased weed growth and diseases. In this regard, the need for herbicide and fungicide treatments increases as important elements of the crop protection system.

Key words: winter wheat, nitrogen fertilization, weed growth, powdery mildew, septoria, cereal aphids, yield

Актуальність теми досліджень. Добрива є одним із провідних факторів зовнішнього середовища, що істотно впливають на формування врожайності та якості зерна пшениці. Ефективність їх застосування визначається сукупністю чинників, серед яких ґрунтово-кліматичні умови, біологічні особливості сорту, рівень забезпеченості ґрунту елементами живлення, форма та строки внесення добрив, а також їх поєднання із засобами захисту рослин, а також загальна технологія вирощування культури [1]. Раціональне застосування добрив сприяє активізації фізіолого-біохімічних процесів у рослинах пшениці, підвищенню інтенсивності фотосинтезу, кущення та формування генеративних органів, що в кінцевому підсумку забезпечує зростання продуктивності посівів і поліпшення показників якості зерна [2].

Постановка проблеми. Особливу роль у системі мінерального живлення пшениці відіграє азот, який є основним елементом, що визначає ріст вегетативної маси, накопичення білка та формування врожаю. Водночас внесення азотних добрив має складний і неоднозначний вплив на агрофітоценоз у цілому [3].

Відомо, що фон мінерального живлення здатен призвести до значних змін фітосанітарного стану посівів культури. Так, підвищений рівень азотного живлення може змінювати видовий і кількісний склад бур'янової рослинності, посилюючи розвиток азотofільних видів, які конкурують з пшеницею за світло, вологу та поживні речовини. У таких умовах характер конкурентних взаємовідносин між культурними рослинами та бур'янами істотно змінюється, що може призводити як до підвищення, так і до зниження ефективності використання азоту культурою.[4]. Вплив азотних добрив на бур'яни є багатовимірний і залежить від виду бур'янів, норми та способу внесення добрив, агротехніки та місцевих умов. Азот часто стимулює ріст нитрофільних бур'янів і може змінювати видовий склад в бік

домінування агресивних таксонів, але за певних агротехнічних заходів (загущеність, розподілене внесення добрив, інтегрований контроль) негативний ефект можна пом'якшити [5].

Також у короткоротаційних сівозмінах забур'яненість на удобрених є більшою, ніж на неудобреному фоні. Це можна пояснити тим, що бур'яни використовують елементи живлення значно інтенсивніше, ніж культурні рослини [6]. Але є твердження, що на удобрених і провапнованих ґрунтах культурні рослини набувають швидких темпів росту порівняно з неудобреними, що створює сприятливі умови для формування конкурентних відносин з бур'янами [7, 8]. Внесення азоту змінює відносну доступність у ґрунті, що може зменшувати ріст і розвиток бур'янів і змінювати інтенсивність конкуренції з культурою. Водночас підвищена доступність азоту може змінити співвідношення кореневої маси та ресурсні стратегії видів [9].

За даними вчених, посилене азотне живлення (N_{60} і N_{100}) сприяло підвищенню засміченості посівів пшениці однорічними видами бур'янів (на 10.9–16.0%) та зниження засміченості багаторічниками (на 3.2–35.3%). Такі закономірності спостерігали під час внесення повного мінерального добрива ($N_{30}P_{45}K_{40}$) [10].

Азотне живлення ключовий фактор, який визначає фізіологічний стан пшениці, її врожайність і якість зерна. Водночас зміни в доступності азоту в рослині впливають на її привабливість для різних груп шкідників, а також і до ентомофагів. Високий рівень азоту у тканинах рослин підвищує концентрацію доступних амінокислот, білків у листках, що покращує поживну базу для фітофагів (особливо сисних комах). Це часто підвищує життєздатність, плодючість і швидкість розвитку популяцій попелиці [11].

Важливим резервом підвищення врожайності та поліпшення фітосанітарного стану посівів пшениці озимої є оптимізація системи мінерального живлення шляхом поєднаного застосування мінеральних добрив і хімічних засобів захисту рослин. Разом із тим кожен сорт пшениці озимої характеризується певними межами реалізації біологічного потенціалу продуктивності. Застосування необґрунтовано високих норм мінеральних добрив, які перевищують фізіологічні потреби рослин, може призводити до зниження врожайності та погіршення якості зерна. Такі негативні наслідки зумовлені не лише надлишком поживних речовин, а й порушенням їхнього балансу, неправильним вибором форм і доз добрив, а також використанням систем удобрення без урахування агрохімічного стану ґрунту та біологічних вимог культури [12].

Надмірне внесення азотних добрив, зокрема у формі позакорневих підживлень, або їх застосування без урахування оптимальних строків може подовжувати вегетаційний період пшениці озимої. За таких умов в агроценозі триваліше зберігається сприятливий мікроклімат для розвитку хвороб, зокрема септоріозу листя [13]. Водночас, окремі дослідження свідчать про можливе зниження інтенсивності ураження рослин септоріозом за оптимізації або підвищення норм азотного живлення [14]. Дослідження показують, що кількість внесеного азоту може посилювати розвиток окремих хвороб – зростання листової маси і зміни фізіології рослини створюють сприятливі умови для патогенів. У дослідних ділянках, де застосовували вищі дози азотного живлення фіксували більший розвиток борошнистої роси, лійної іржі [15, 16].

У зв'язку з цим, особливої актуальності набуває науково обґрунтований добір доз і форм мінеральних добрив, що дає змогу підвищити ефективність добрив, забезпечити стабільне зростання врожайності та покращити на фітосанітарний стан агроценозів пшениці озимої.

Таким чином, оптимізація норм, строків і способів внесення азотних добрив у посівах пшениці є важливим елементом технології вирощування, який повинен здійснюватися з урахуванням рівня потенційної забур'яненості посівів, попереднього моніторингу хвороб та шкідників, а також здатності сорту пшениці реалізувати потенціал урожайності за умов підвищеного мінерального живлення.

Мета досліджень – оцінити зміни фітосанітарного стану посівів пшениці озимої, залежно від внесення підживлення різних доз азотних добрив в зоні Полісся України.

Методика досліджень. Дослідження проводили у ТОВ «Коростишівземінвест» Житомирського (Коростишівського) району Житомирської області с Старосілці упродовж 2022–2025 років.

Грунтовий покрив дослідних ділянок представлений дерново-слабопідзолистими легкосуглинковими ґрунтами. Потужність орного шару 20–22 см, pH_{KCl} 4,1–4,6, вміст гумусу 1,3–1,5 %, рухомих сполук азоту – 62–84, фосфору – 179–182, калію – 81–83 мг/кг.

У роки досліджень висівали сорт вітчизняної селекції Артеміда, попередник кукурудза на зелений корм. Вивчали застосування 6-ти доз азотних добрив – низький (N_0 , N_{30}), середній (N_{60} , N_{90}), високий (N_{120} , N_{150}) внесених для підживлення у період весняного відновлення вегетації пшениці озимої (ВВСН 21–29) у вигляді аміачної селітри. Площа ділянок складала 25 м², повтореність чотириразова. Для оцінки фітосанітарного стану агроценозів пшениці озимої використовували методику облікових ділянок [17] Облік забур'яненості посівів проводили на облікових ділянках кількісно-ваговим методом у двох фазах розвитку культури: фаза виходу у трубку (ВВСН 30–49) та фаза повної стиглості (ВВСН 90–99) за загальноприйнятими методиками [18]. Також підраховували чисельність шкідників та ураження хворобами [13, 19]. Крім того, на них визначали густоту стеблостою пшениці озимої, їх висоту, сиру масу, врожайність та основні елементи структури врожаю.

Результати досліджень. Особливістю фітосанітарного стану посівів пшениці озимої у зоні Полісся, яка характеризується достатнім зволоженням та незначним дефіцитом тепла, є формуванням великої фітомаси бур'янів, інтенсивним розвитком хвороб, тоді як шкідники не завдають значної шкоди і переходять на вторинний план.

Видовий склад бур'янів у посівах пшениці озимої різноманітний та представлений, у фазі ВВСН 30–39 – 7 видів/м², у фазі ВВСН 90–99 – 6–9 видів/м². Зазвичай домінують зимуючі види, грицики звичайні (*Capsella bursa-pastoris* L.), фіалка польова (*Viola arvensis* Murr.), фіалка триколірна (*Viola tricolor* L.), ромашка непахуча (*Tripleurospermum inodorum* L.). Групу ярих бур'янів представляють лобода біла (*Chenopodium album* L.), жабрій звичайний (*Galeopsis tetrahit* L.), гірчак березковидний (*Polygonum convolvulus* L.), редька дика (*Raphanus raphanistrum* L.), гірчиця польова (*Sinapis arvensis* L.). Серед багаторічних бур'янів домінує місце займають пирій повзучий (*Agropyron repens* L.), осот польовий (*Sonchus arvensis* L.), берізка польова (*Convolvulus arvensis* L.) (табл.1).

Ранньовесняне підживлення посівів пшениці озимої у дозах N_{60-90} та $\text{N}_{120-150}$ сприяло зниженню забур'яненості у фазі ВВСН 30–39 на 45 та 84 шт./м², а у фазі ВВСН 90 – на 158 та 204 шт./м² порівняно з низьким рівнем азотного живлення N_{0-30} . При цьому кількість бур'янів збільшилася у фазі повної стиглості при низькому рівні удобрення на 42 шт./м², а при середньому і низькому зменшилася на 71–78 шт./м². У цих варіантах відзначали загибель бур'янів під дією підвищеної конкурентоспроможності пшениці озимої. Встановлено, що динаміка забур'яненості посівів пшениці озимої зумовлювалася переважно наявністю малорічних видів бур'янів, які виявляли високу чутливість до зниження освітленості внаслідок

інтенсифікації азотного живлення, що сприяло посиленому росту та наростанню біомаси культурних рослин. Для багаторічних бур'янів статистично достовірної залежності між рівнем удобрення та їх чисельністю не встановлено, що пояснюється їх незначною кількістю у посівах. Водночас у варіантах із внесенням добрив менша чисельність бур'янів частково компенсувалася підвищенням інтенсивності їх росту та розвитку.

Таблиця 1

Вплив азотного живлення на фітосанітарний стан посівів пшениці озимої (сорт Артеміда, 2022–2025 рр.)

Показники	Рівень азотного живлення		
	низький N ₀₋₃₀	середній N ₆₀₋₉₀	високий N ₁₂₀₋₁₅₀
Бур'яни			
Видовий склад у фазі виходу у трубку, видів/м ²	7	7	7
Кількість бур'янів у фазі виходу у трубку (ВВСН 30-49), шт./м ²	321	276	237
Видовий склад у фазі повної стиглості	9	7	6
Кількість бур'янів у фазі повної стиглості (ВВСН 90-99), шт./м ²	363	205	159
Зміна кількості бур'янів за період від фази виходу у трубку до повної стиглості, шт./м ²	+ 42	-71	-78
Фітомаса бур'янів у фазі повної стиглості, г/м ²	202	288	335
Маса одного бур'яну у фазі повної стиглості культури, г	0,92	0,95	1,76
Хвороби			
Борошниста роса			
Розвиток, %	1,0	1,4	2,2
Поширення, %	9,0	10,6	17,9
Септоріоз			
Розвиток, %	2,4	4,6	10,8
Поширення, %	14,7	23,1	32,8
Шкідники			
П'явиці (личинки, дорослі комахи)			
Чисельність, екз./м ²	1,2	2,0	5,6
Інтенсивність пошкодження, %	12,0	19,6	22,6
Злакові попелиці			
Чисельність, екз./м ²	280	123	105
Інтенсивність заселення, екз./рослину	2,9	1,9	2,2

Основні хвороби пшениці озимої у ТОВ «Коростишівземінвест» Житомирської області є снігова пліснява (*Microdochium nivale* Sam. et Hall.), кореневі гнилі (*Fusarium* spp., *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker), борошниста роса (*Blumeria graminis* (DC.), септоріоз (*Septoria nodorum* (Berk.) Berk.) та бура листкова іржа (*Puccinia recondita* Rob. ex Desm f. sp. tritici).

У роки досліджень ураження кореневих гнилей було незначним, тому визначити вплив азотних добрив на розвиток і поширення хвороби не вдалося. На разі, при внесенні азотних добрив складалися сприятливі умови для ураження рослин

пшениці озимої борошністою россою. У варіантах з високим рівнем азотного живлення $N_{120-150}$ частка уражених рослин була у двічі більша, ніж у варіантах з низьким рівнем (табл. 1). Також під дією азотних добрив суттєво зросло ураження пшениці озимої септоріозом, особливо сильно це проявилось при внесенні високих доз азоту, що сприяло формуванню значної вегетативної маси, та як наслідок, вилягання посівів. Розвиток хвороби збільшувався при внесенні середньої норми азоту на 4,2 %, поширення на 8,4 %, а при внесенні високої норми $N_{120-150}$ розвиток – на 8,4 %, поширення – на 18,1 % порівняно з низькими дозами азоту.

Потенційно небезпечними шкідниками пшениці озимої у Поліському регіоні є личинки коваликів (*Agriotes lineatus* L., *Agriotes obscurus* L.), шведської вівсяної мухи (*Oscinella frit* L.), а також злакові попелиці (*Schizaphis graminum* L.). Економічний поріг шкідливості (ЕПШ) дротяників не перевищував допустимі норми. Пошкодженість озимої пшениці шведською вівсяною мухою, за нашими даними, була невелика і не перевищувала 3%. Весняне підживлення азотними добривами здатне значною мірою компенсувати шкоду, заподіяну цими шкідниками в результаті зниження густоти стеблостої культури. Другорядні фітофаги пшениці озимої в регіоні, зокрема п'явиці – *Lema cyanella* та *Oulema melanopus*, а також мінуючі мухи роду *Agromyza*, характеризуються зростанням інтенсивності пошкодження листової поверхні рослин пшениці у міру підвищення норм азотних добрив, внесених у ранньовесняне підживлення. Зафіксовано позитивну залежність між рівнем азотного живлення та ступенем пошкодженості листків, що свідчить про стимулюючу дію підвищених доз азоту на трофічну активність зазначених шкідників. (табл. 1). Зворотна закономірність була виявлена для злакових попелиць, чисельність яких у роки дослідження була невисокою та ще більше зменшувалась під впливом азотних добрив. Різниця між щільністю попелиць у варіантах з низьким та середнім рівнем азотного живлення склала 2,3 рази, а у варіантах з низьким і високим рівнем азотних добрив – 2,7 рази.

Таблиця 2

Вплив рівнів азотного живлення на ураження насіння пшениці озимої патогенною мікрофлорою зібраного врожаю (сорт Артеміда, 2022-2025 рр.)

Показники	Рівень азотного живлення		
	низький N_{0-30}	середній N_{60-90}	високий $N_{120-150}$
<i>Alternaria</i> spp., %	53	60	62
<i>Fusarium</i> spp., %	4	8	9
<i>Bipolaris sorokiniana</i> , %	1	3	2
<i>Penicillium</i> spp. + <i>Mucor</i> spp., %	1	1	0
Загальна зараженість, %	59	73	72

Насіння пшениці озимої заселяли гриби родів *Alternaria* spp., *Penicillium* spp., *Mucor* spp. та *Bipolaris sorokiniana* (табл. 2). Фузарієві гриби в основному були представлені трьома видами – *Fusarium graminearum* Sherb., *F. avenaceum* (Fr.) Sacc., *F. poae* (Peck) Wollenw., залежно від рівня азотного живлення ураження ними коливалося від 4 до 9 % Плісняві гриби і гриб *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker, фіксували на насінні у поодиноких випадках – 1–3 %. Загальна зараженість насіння патогенною мікрофлорою становила – 59–73 %, яка значно збільшуючись у роки з надмірним зволоженням та затягнутими термінами збирання. На основі отриманих даних виявили тенденцію до посилення заселеності, зібраного

врожаю, насіннєвою інфекцією під впливом азотного підживлення. З внесенням азотних добрив збільшувалася накопичення на насінні грибів родів *Fusarium* spp. та *Alternaria* spp.

Таблиця 3

Вплив рівнів азотного живлення на елементи структури і урожайність пшениці озимої (сорт Артеміда, 2022-2025 рр.)

Показники	Рівень азотного живлення		
	низький N ₀₋₃₀	середній N ₆₀₋₉₀	високий N ₁₂₀₋₁₅₀
Урожайність, т/га	4,01	5,01	5,57
Кількість продуктивних стебел, шт./м ²	465	526	562
Кількість зерен у колосі, шт.	16,2	19,6	21,2
Маса зерна з колосу, г	0,87	0,99	1,06
Маса 1000 зерен, г	43,8	44,5	45,9

Виявлені зміни у фітосанітарному стані вплинули на показники продуктивності пшениці озимої. Зі збільшенням рівня азотного живлення спостерігали значне зростання структурних характеристик рослин та врожайності пшениці озимої (табл. 3).

Найнижчі показники врожайності та елементів структури врожаю відзначили у варіантах, де азотне живлення було мінімальним. У цьому варіанті урожайність зерна склала 4,01 т/га, кількість продуктивних стебел – 465 шт./м², маса зерна з одного колосу – 0,87 г, кількість зерен з одного колосу – 16,2 штук, маса 1000 зерен 43,8 г. При цьому внесення середніх і високих доз азотних добрив призводило до зростання цих показників на 1,0 і 1,56 т/га; 61 і 97 шт./м²; 0,12 і 0,19 г; 3,4 і 5 штук; 0,7 і 2,1 г відповідно порівняно з низьким рівнем азотного живлення. Варіанти із внесенням середніх та високих доз азотних добрив не відрізнялися між собою показниками урожайності та основних елементів структури врожаю пшениці озимої. Це вказувало на недоцільність проведення весняних підживлень високими дозами азотних добрив без захисних заходів.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Результати багаторічних досліджень показали, що весняне внесення зростаючих доз азотних добрив, призводило до загального погіршення фітосанітарного стану агроценозів пшениці озимої у ТОВ «Коростишівземінвест» Житомирської області.

Негативні наслідки були пов'язані зі збільшенням розвитку бур'янів, та їх шкідливості, незважаючи на зниження рівня забур'яненості, фітомаса бур'янів та вага одного бур'яну, у фазі повної стиглості, зросла на 133 г/м² та на 0,84 г при високих нормах внесення азотного живлення. Внесення азотних добрив сприяло посиленню розвитку борошнистої роси у 2 рази, розвиток септоріозу колосу посилювався при внесенні середньої норми азоту на 4,2 %, поширення на 8,4 %, а ще більше при внесенні високої норми N₁₂₀₋₁₅₀ – розвиток на 8,4 %, поширення на 18,1 % порівняно з низькими дозами азоту. Також збільшилася загальна зараженість насіння пшениці озимої на 13–14% порівняно з внесенням низьких норм азотних добрив.

Таким чином, виявлені зміни у фітосанітарному стані агроценозів пшениці озимої свідчать про доцільність коригування системи захисту рослин за умов застосування підвищених норм азотних добрив. Зокрема, інтенсифікація азотного

живлення зумовлює необхідність потенційного посилення комплексу захисних заходів, спрямованих на обмеження розвитку шкідливих організмів і підтримання стабільності фітосанітарного стану посівів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Лозінський Б., Грабовський М. Фітосанітарний контроль і рівень мінерального живлення як чинники формування якості зерна і продуктивності сортів пшениці м'якої ярої. Collection of Scientific Papers «ЛОГОС», (June 6, 2025; Bologna, Italy), С. 187–193. <https://doi.org/10.36074/logos-06.06.2025.037>
2. Стародуб В.І., Ткач Є.Д. Екологічна оцінка технологій вирощування сільськогосподарських культур за комплексом фітосанітарних показників. *Агроекологічний журнал*. 2025. № 3. С. 73–83 DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2025.340781>
3. Квасніцька Л. С., Войтова Г. П. Вплив елементів технології вирощування на забур'яненість та врожайність пшениці озимої в умовах Правобережного Лісостепу. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2023. Вип. 73. С. 36-47. [https://doi.org/0.32636/01308521.2023-\(73\)-2-3](https://doi.org/0.32636/01308521.2023-(73)-2-3)
4. Blackshaw R. E., Semach G., Janzen H. H. Fertilizer application method affects nitrogen uptake in weeds and wheat. *Weed Science*. 2002. Vol. 50(5), pp. 634 – 641 DOI: [https://doi.org/10.1614/0043-1745\(2002\)050\[0634:FAMANU\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0043-1745(2002)050[0634:FAMANU]2.0.CO;2)
5. Zharebko V.M., Dykun M.O., Dykun O.V. Influence of nitrogen nutrition and weed protection of crops on productivity of soybeans in the right-bank forest-steppe of Ukraine. *Plant and Soil Science*. 2019. 10(3). <https://doi.org/10.31548/agr2019.03.055>
6. Грицюк Н. В., Довбиш Л. Л., Бакалова А. В., Пузняк О. М. Забур'яненість короткоротаційної сівозміни залежно від системи удобрення на дерново-підзолистих ґрунтах. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2022. № 1. С. 77–84. <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.01.09>
7. Ткачук В. П., Саюк О. А., Плотницька Н. М., Гурманчук О. В., Павлюк І. О. Вплив способів основного обробітку ґрунту та систем удобрення на забур'яненість посівів польових культур. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2018. №1 С. 70–73. <https://doi.org/10.31210/visnyk2018.01.11>
8. Yezerkovskyi A. V., Bogatyr L. V., Karaulna V. M., Kozak L. A., Grabovskiy M. B., Grabovskaya, T. O. Efficiency of basic cultivation and fertilization for winter rye organic growing on peat-gley soils in the Left bank of Forest Steppe. *Ukrainian Journal of Ecology*, 2018. № 8(2). С. 128–133. https://doi.org/10.15421/2018_319
9. Jiang M., Liu T., Huang N., et al. Effect of long-term fertilisation on the weed community of a winter wheat field. *Scientific Reports*. 2018. 8 (1). PP.1–7 <https://doi.org/10.1038/s41598-018-22389-4>
10. Грицюк Н. В., Довбиш Л. Л., Бакалова А. В., Іващенко І. В., Плотницька Н. М., Вплив системи обробітку ґрунту та удобрення на забур'яненість посівів пшениці ярої в умовах Правобережного Лісостепу. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. (2024). № 2. С. 33–39. <https://doi.org/10.32782/2310-0478-2024-2-34-39>
11. Aqueel M. A., Leather S. R. Effect of nitrogen fertilizer on the growth and survival of *Rhopalosiphum padi* (L.) and *Sitobion avenae* (F.) (Homoptera: Aphididae) on different wheat cultivars. *Crop Protection*. 2011. Vol. 30(2). P. 216–221 <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2010.09.013>
12. Бакай І. Д., Іваненко О. В., Тогачинська О. В. Фітосанітарний стан та екологічна оцінка технологій вирощування пшениці озимої в умовах Північного Лісостепу України. *Захист і карантин рослин*. 2014. Вип. 60. С. 16–30.
13. Дереча О., Грицюк Н., Бакалова А. Ефективність сумісного застосування фунгіцидів і азотних добрив для захисту пшениці озимої від хвороб в умовах Північного Лісостепу. *Вісник Львівського національного аграрного університету: агрономія*. 2018. № 22 (2). С. 112–118

14. Wang L., Hongying Cui, Xinyue Chang, Mengmeng Zhu, Zihua Zhao et al. Increased nitrogen fertilization inhibits the biocontrol activity promoted by the intercropping partner plant. *Insect Science*. 2021. Vol. 28(4). P. 1179–1190 <https://doi.org/10.1111/1744-7917.12843>
15. Hrytsiuk N., Bakalova A., Ivaschenko I., Kotkova T. Technology of protection of winter wheat from harmful biota in the Northern Forest-Steppe of Ukraine. *Scientific Horizons*. (2023). 26(3), С. 48–57. <https://doi.org/10.48077/scihor3.2023.48>
16. Luo C., Liankun M., Jinhui Z., Zengpeng G., Kun D. Effects of Nitrogen and Intercropping on the Occurrence of Wheat Diseases. *Frontiers in Plant Science*. 2021. Vol. 12 <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.637393>
17. Трибель С. та ін. Методика випробування і застосування пестицидів. Київ : Світ, 2001. 488 с.
18. Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В. П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. Київ : ЗАТ «НІЧЛАВА», 2003. 320 с.
19. Грицюк Н. В. Ефективність протруйників проти сисних шкідників в агроценозі пшениці озимої. *Захист і карантин рослин*. 2022. Вип. 68. С. 57–66. DOI: <https://doi.org/10.36495/1606-9773.2022.68.57-66>

Дата першого надходження статті до видання: 01.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 632.4:632.937:633.11(477.7)

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.1.19>

ВИДОВИЙ СКЛАД ЗБУДНИКІВ СЕПТОРІОЗУ ЛИСТЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ В УМОВАХ ПІВДЕННОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

Джам М.А. – к.с.-г.н., доцент,

доцент кафедри захисту, генетики і селекції рослин,

Одеський державний аграрний університет

orcid.org/0000-0001-8183-5488

Орехівський В.Д. – д.іст.н.,

старший науковий співробітник відділу економічних досліджень

та інноваційного провайдингу,

Донецька державна сільськогосподарська дослідна станція НААН

orcid.org/0000-0002-3216-0514

Зорунько В.І. – к.с.-г.н., доцент

доцент кафедри захисту, генетики і селекції рослин,

Одеський державний аграрний університет

orcid.org/0000-0001-9512-0985

Заєць С.В. – аспірант кафедри захисту, генетики і селекції рослин,

Одеський державний аграрний університет

orcid.org/0000-0001-7853-7922

Метою досліджень є наукове обґрунтування та уточнення видового складу збудників септоріозу листя пшениці озимої в умовах Південного Степу України, шляхом поєднання польових маршрутних обстежень і лабораторних мікологічних досліджень. Дослідження, були спрямовані на встановлення домінуючих та супутніх видів патогенних грибів у посівах пшениці озимої Миколаївської та Одеської областей у 2024–2025 рр., визначення частоти їх ізоляції та ролі у формуванні фітопатогенного комплексу септоріозу.

Лабораторними дослідженнями встановлено, що патогенний комплекс збудників септоріозу листя пшениці озимої в регіоні представлений грибами *Septoria tritici*, *Stagonospora nodorum* та *Stagonospora avenae* f. sp. *triticea*.

Результати польових досліджень показали, що домінуючим збудником септоріозу листя в умовах Південного Степу України є *S. tritici*, частка якого в середньому за 2024–2025 рр. становила 90,3% від загальної кількості ізольованих патогенів. *Stagonospora nodorum* посідав друге місце за поширеністю з середньою частотою ізоляції 7,0%, що свідчить про його суттєву роль у формуванні фітопатогенного комплексу, зважаючи на здатність цього патогена уражувати не лише листки, а й колос і зерно пшениці. Збудник *Stagonospora avenae* f. sp. *triticea* виявляли значно рідше (у середньому 2,3%), однак його присутність у посівах пшениці озимої свідчить про ускладнення видового складу патогенів та потребує постійного фітопатологічного моніторингу.

Результати досліджень доцільно використовувати як наукову основу для вдосконалення систем захисту пшениці озимої від септоріозу, оптимізації сортового добору та розробки регіонально адаптованих заходів контролю патогенів в умовах Південного Степу України.

Ключові слова: септоріоз листя, пшениця озима, *Septoria tritici*, *Stagonospora nodorum*, *Stagonospora avenae* f. sp. *triticea*.

Dzham M.A., Orekhivskiy V.D., Zorunko V.I., Zaiets S.V. Species composition of causants of septorios of winter wheat leaves in the conditions of the southern steppe of Ukraine

The purpose of the research is to scientifically substantiate and clarify the species composition of pathogens of septoria leaf spot of winter wheat in the conditions of the Southern Steppe of



© Джам М.А., Орехівський В.Д., Злоунько В.І., Заєць С.В., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Ukraine, by combining field route surveys and laboratory mycological studies. The research was aimed at establishing the dominant and associated species of pathogenic fungi in winter wheat crops of Mykolaiv and Odessa regions in 2024–2025, determining the frequency of their isolation and role in the formation of the phytopathogenic complex of septoria.

Laboratory studies have established that the pathogenic complex of pathogens of septoria leaf spot of winter wheat in the region is represented by the fungi *Septoria tritici*, *Stagonospora nodorum* and *Stagonospora avenae* f. sp. *triticea*.

The results of field studies showed that the dominant pathogen of Septoria leaf spot in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine is *S. tritici*, whose share on average for 2024–2025 was 90.3% of the total number of isolated pathogens. *Stagonospora nodorum* ranked second in prevalence with an average isolation frequency of 7.0%, which indicates its significant role in the formation of the phytopathogenic complex, given the ability of this pathogen to infect not only leaves, but also the ear and grain of wheat. The pathogen *Stagonospora avenae* f. sp. *triticea* was detected much less frequently (on average 2.3%), however, its presence in winter wheat crops indicates a complication of the species composition of pathogens and requires constant phytopathological monitoring.

The results of the research should be used as a scientific basis for improving winter wheat protection systems against Septoria blight, optimizing varietal selection, and developing regionally adapted pathogen control measures in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine.

Key words: septoria leaf spot, winter wheat, *Septoria tritici*, *Stagonospora nodorum*, *Stagonospora avenae* f. sp. *triticea*.

Постановка проблеми. Пшениця озима є стратегічно важливою продовольчою культурою в Україні та світі, а підвищення виробництва високоякісного зерна залишається одним із пріоритетних завдань сучасного землеробства. Незважаючи на наявність значної кількості високопродуктивних сортів з високим генетичним потенціалом урожайності, реальний рівень його реалізації в умовах виробництва залишається низьким і становить лише 30–50%. Однією з ключових причин такої ситуації є нестабільність агроєкологічних умов, зумовлена змінами клімату, а також зростання шкодочинності збудників хвороб, які істотно знижують продуктивність посівів озимої пшениці.

Серед комплексу біотичних чинників особливу небезпеку становлять хвороби листкового апарату, зокрема септоріоз, поширення та розвиток якого залежать від погодних умов, сортових особливостей та рівня агротехніки. В умовах Південного Степу України, що характеризується підвищеною кліматичною мінливістю та стресовими факторами для рослин, септоріоз листя може набувати значного розвитку та призводити до істотних втрат урожаю. Водночас видовий склад збудників септоріозу, їх поширеність та співвідношення у посівах озимої пшениці в цьому регіоні вивчені недостатньо.

Недостатність сучасних даних щодо видової структури збудників септоріозу ускладнює розробку ефективних, екологічно безпечних заходів захисту рослин і обґрунтований добір стійких сортів для умов Південного Степу України. У зв'язку з цим, виникає необхідність поглибленого дослідження видового складу збудників септоріозу листя пшениці озимої з урахуванням регіональних агрокліматичних особливостей, що є важливою передумовою стабілізації врожайності та підвищення ефективності виробництва зерна.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Кліматичні зміни останніх десятиріч, разом із погіршенням економічних умов зернового виробництва та порушенням технологій вирощування, стають вагомими чинниками, що спричиняють трансформацію фітоагроценозів сільськогосподарських культур, зокрема пшениці озимої.

За даними вітчизняних і зарубіжних дослідників, пшениця озима займає провідне місце серед зернових культур України, відіграючи ключову роль

у формуванні продовольчої безпеки держави та експортного потенціалу аграрного сектору. Вона вирощується на понад половину посівних площ під зерновими культурами, а щорічні площі посіву становлять 5,5–6,8 млн га. Україна входить до першої десятки світових виробників та експортерів пшениці, що підкреслює її стратегічне економічне значення [6].

У наукових джерелах, значна увага приділяється біологічній та харчовій цінності зерна пшениці. Зерно характеризується високим вмістом білка (в середньому 13–15%), крохмалю (до 70%), а також вітамінів і мінеральних речовин. Особливе значення має клейковина, сформована гліадином і глютеніном, яка визначає хлібопекарські властивості зерна та не має аналогів серед інших зернових культур [6, 7]. Окрім продовольчого значення, озима пшениця широко використовується у кормовиробництві та як джерело органічної речовини для підвищення родючості ґрунтів [8].

Незважаючи на високий генетичний потенціал сучасних сортів пшениці озимої, фактична врожайність культури в Україні суттєво поступається показникам розвинених країн. Так, у країнах Західної Європи середня врожайність перевищує 7–9 т/га, тоді як в Україні вона залишається на рівні 3,5–4,2 т/га, із найнижчими показниками у південних регіонах країни [6]. Науковці пов'язують це з комплексом факторів, серед яких важливе місце займають несприятливі ґрунтово-кліматичні умови, порушення технологій вирощування та значний розвиток хвороб.

Літературні джерела свідчать, що інтенсифікація вирощування пшениці озимої базується на використанні високопродуктивних сортів, оптимізації агротехнічних заходів та впровадженні інтегрованих систем захисту рослин. Формування врожаю значною мірою, залежить від умов осіннього розвитку посівів, дотримання сівозмін, строків сівби, системи живлення та фітосанітарного стану агрофітоценозу [6, 7, 14, 15].

Особливе значення в умовах інтенсивного землеробства та кліматичних змін надається проблемі поширення і шкодочинності хвороб пшениці озимої. Листкові хвороби, зокрема септоріоз, істотно знижують фотосинтетичну активність рослин, погіршують якість зерна та обмежують реалізацію сортового потенціалу, особливо в регіонах з підвищеним рівнем стресових факторів, таких як Південний Степ України. Водночас, аналіз наукових публікацій свідчить про недостатню кількість узагальнених даних, щодо видового складу збудників септоріозу листя пшениці озимої в окремих агрокліматичних зонах, що зумовлює актуальність подальших досліджень у цьому напрямі.

Таким чином, узагальнення літературних джерел, підтверджує високу господарську цінність озимої пшениці та необхідність удосконалення систем її вирощування, зокрема через поглиблене вивчення фітопатогенного комплексу листових хвороб і видового складу збудників септоріозу в умовах Південного Степу України.

Метою досліджень було наукове обґрунтування та уточнення видового складу збудників септоріозу листя пшениці озимої в умовах Південного Степу України, шляхом поєднання польових маршрутних обстежень і лабораторних мікологічних досліджень.

Матеріали та методика дослідження. Дослідження були спрямовані на встановлення домінуючих та супутніх видів патогенних грибів у посівах пшениці озимої Миколаївської та Одеської областей у 2024–2025 рр., визначення частоти їх ізоляції та ролі у формуванні фітопатогенного комплексу септоріозу.

У процесі виконання роботи передбачалося, уточнити особливості поширення основних збудників септоріозу - *Septoria tritici* (*Zymoseptoria tritici*), *Stagonospora*

nodorum та *Stagonospora avenae* f. sp. *triticea*, з урахуванням регіональних агрокліматичних умов Південного Степу України, а також оцінити їх відносну шкодочинність і значення у розвитку хвороби. Окрему увагу, було приділено необхідності мікроскопічної ідентифікації патогенів, зважаючи на подібність зовнішніх симптомів ураження та можливість одночасного розвитку кількох видів на одному листку.

Отримані результати слугуватимуть науковою основою для вдосконалення систем фітосанітарного моніторингу, оптимізації заходів захисту пшениці озимої від септоріозу, а також для обґрунтованого добору сортів із підвищеною стійкістю до домінуючих збудників хвороби в умовах

Дослідження проводили упродовж 2024–2025 рр. у виробничих посівах пшениці озимої, розміщених у ґрунтово-кліматичних умовах Південного Степу України, зокрема в Миколаївській та Одеській областях. Об'єктом досліджень були рослини пшениці озимої різних сортів, уражені септоріозом листя впродовж вегетаційного періоду.

Польові дослідження, здійснювали шляхом маршрутних обстежень посівів у фазах виходу в трубку – колосіння рослин, за загальноприйнятою фітопатологічною методикою з рівномірним охопленням площі поля по діагоналі та зигзагоподібних маршрутах. У кожному господарстві, відбирали зразки листків із характерними симптомами ураження септоріозом з різних ярусів рослин. Відібраний рослинний матеріал маркували, поміщали у паперові пакети та транспортували до лабораторії для подальшого аналізу.

Лабораторні дослідження проводили в умовах мікологічної лабораторії. З метою виділення збудників септоріозу уражені фрагменти листків попередньо промивали проточною водою, поверхнево стерилізували у 1% розчині гіпохлориту натрію протягом 1–2 хвилин, після чого двічі промивали стерильною дистильованою водою та підсушували на стерильному фільтрувальному папері. Підготовлений матеріал розміщували у вологій камері або висівали на поживні середовища (картопляно-декстрозний агар або вівсяний агар) з подальшою інкубацією за температури 20–22 °С.

Ідентифікацію збудників здійснювали на основі мікроскопічного аналізу морфологічних ознак міцелію, пікнід та конідій, відповідно до класичних визначників і сучасних наукових описів. Основну увагу приділяли диференціації *Septoria tritici*, *Stagonospora nodorum* та *Stagonospora avenae* f. sp. *triticea*, враховуючи форму та розміри спор, особливості їх перегородчастості та характер утворення пікнід.

Частоту ізоляції кожного виду збудника, визначали як відсоткове співвідношення кількості ізолятів певного виду до загальної кількості виділених ізолятів за кожен рік досліджень та окремо для кожної області. Отримані дані, систематизували та узагальнювали з використанням елементів варіаційної статистики, з подальшим поданням результатів у табличній формі.

Застосований комплекс польових і лабораторних методів забезпечив достовірне визначення видового складу збудників септоріозу листя пшениці озимої та дозволив оцінити їх поширеність в умовах Південного Степу України.

Виклад основного матеріалу дослідження. У ході обстежень виробничих посівів пшениці озимої в агроценозах Миколаївської та Одеської областей упродовж 2024–2025 рр., які належать до зони Південного Степу України, виявлено значне поширення симптомів септоріозу листя різного ступеня інтенсивності, що підтверджує актуальність проблеми цієї хвороби для регіону. З уражених рослин відібрано типовий рослинний матеріал для подальшого лабораторного аналізу та уточнення етіології захворювання.

Польові спостереження засвідчили варіабельність зовнішніх проявів септоріозу, що узгоджується з літературними даними. Зокрема, у більшості зразків спостерігали плями видовженої або неправильної форми з чітко вираженими некротичними зонами та пікнідами, характерними для ураження *Septoria tritici*. Водночас у частині зразків відмічали лінзоподібні плями з темнішою облямівкою, притаманні ураженню *Stagonospora nodorum*. Встановлено, що погодні умови вегетаційного періоду, зокрема рівень зволоження та температурний режим, впливали на інтенсивність розвитку хвороби та певною мірою змінювали характер симптомів. Крім того, нерідко на одному листку спостерігали одночасний розвиток двох патогенів, що значно ускладнювало їх візуальну диференціацію та підтверджувало необхідність застосування мікроскопічних методів ідентифікації.

Результати лабораторних досліджень, дали змогу встановити, що патогенний комплекс збудників септоріозу листя пшениці озимої в умовах Південного Степу України представлений кількома видами грибів. Поряд із традиційно поширеними збудниками – *S. tritici* та *St. nodorum* – було ідентифіковано також *Stagonospora avenae* f. sp. *triticea*, наявність якого підтверджує розширення видового складу патогенів у сучасних агроценозах. За даними наукових джерел, цей збудник є поширеним і шкодочинним патогеном у Канаді, центральних регіонах США, а також в Аргентині [4]. Окрім пшениці, цей грибок здатен уражувати ячмінь, що необхідно враховувати під час планування сівозміни [5].

Аналіз частоти ізоляції збудників у 2024 році показав чітке домінування *S. tritici*, частка якого коливалася в межах 88,1–92,5% залежно від області. *St. nodorum* ізолювали значно рідше – у 5,9–8,7% випадків, тоді як *St. avenae* f. sp. *triticea* виявляли лише у 1,6–3,2% зразків. У 2025 році загальна структура патогенного комплексу збереглася, проте спостерігали певні міжрічні коливання: частота ізоляції *S. tritici* становила 88,9–90,6%, *St. nodorum* – 8,1–8,5%, а *St. avenae* f. sp. *triticea* – 1,3–2,6% (таблиця).

Таблиця

**Частота ізоляції збудників септоріозу листя
в умовах Миколаївської та Одеської області**

Область	Частота ізоляції, %					
	<i>S. tritici</i>		<i>St. nodorum</i>		<i>St. avenae</i> f. sp. <i>triticea</i>	
	2024	2025	2024	2025	2024	2025
Миколаївська	88,1	90,6	8,7	8,1	3,2	1,3
Одеська	92,5	88,9	5,9	8,5	1,6	2,6
Середнє	90,3	89,8	7,3	8,3	2,4	2,0

У середньому за два роки досліджень частка *S. tritici* у складі збудників септоріозу листя пшениці озимої досягала 90,3%, що свідчить про його беззаперечне домінування в умовах Південного Степу України. Друге місце за поширеністю займав *St. nodorum* із середньою частотою ізоляції 7,0%. Найменш поширеним виявився *St. avenae* f. sp. *triticea*, який ізолювали в середньому у 2,3% випадків. Незважаючи на відносно низьку частоту його виявлення, присутність цього патогена не можна ігнорувати, оскільки він потенційно здатний посилювати фітосанітарний тиск у посівах за сприятливих умов.

Отримані результати свідчать, що патогенний комплекс збудників септоріозу листя пшениці озимої в регіоні формується переважно за рахунок *S. tritici*, однак наявність *St. nodorum* і *St. avenae* f. sp. *triticea* зумовлює необхідність комплексного

підходу до захисту культури. Особливу увагу, слід приділяти *St. nodorum*, який, окрім листків, уражує колос і зерно, спричиняючи суттєві втрати врожаю та погіршення його якості. У зв'язку з кліматичними змінами та трансформаціями агроценозів, доцільним є проведення постійного фітопатологічного моніторингу видового складу збудників септоріозу в усіх ґрунтово-кліматичних зонах України з метою своєчасної адаптації систем захисту пшениці озимої.

Висновки та пропозиції. Упродовж 2024–2025 рр. у посівах пшениці озимої Миколаївської та Одеської областей встановлено широке поширення септоріозу листя, що підтверджує високу фітосанітарну значущість цієї хвороби в умовах Південного Степу України.

В результаті польових спостережень, відмічено значну варіабельність симптомів септоріозу, а також часте поєднане ураження листків кількома патогенами, що унеможливує достовірне визначення збудника лише за візуальними ознаками та зумовлює необхідність проведення лабораторної мікроскопічної ідентифікації.

Лабораторними дослідженнями встановлено, що патогенний комплекс збудників септоріозу листя пшениці озимої в регіоні представлений грибами *Septoria tritici*, *Stagonospora nodorum* та *Stagonospora avenae* f. sp. *triticea*.

Домінуючим збудником септоріозу листя в умовах Південного Степу України є *S. tritici*, частка якого в середньому за 2024–2025 рр. становила 90,3% від загальної кількості ізольованих патогенів. *Stagonospora nodorum* посідав друге місце за поширеністю з середньою частотою ізоляції 7,0%, що свідчить про його суттєву роль у формуванні фітопатогенного комплексу, зважаючи на здатність цього патогена уражувати не лише листки, а й колос і зерно пшениці. Збудник *Stagonospora avenae* f. sp. *triticea* виявляли значно рідше (у середньому 2,3%), однак його присутність у посівах пшениці озимої свідчить про ускладнення видового складу патогенів та потребує постійного фітопатологічного моніторингу.

Отримані нами результати, доцільно використовувати як наукову основу для вдосконалення систем захисту пшениці озимої від септоріозу, оптимізації сортового добору та розробки регіонально адаптованих заходів контролю патогенів в умовах Південного Степу України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Маренич М. М. Урожайність зерна пшениці в умовах зміни клімату. *Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти* : зб. тез II Міжнар. наук.-практ. конф. (10–12 квітня 2019 р.). – Київ–Миколаїв–Херсон : ДУ НМЦ «Агроосвіта», 2019. С. 26–28.
2. Черенков А. В., Солодушко М. М., Ярошенко С. С. та ін. Технології вирощування озимої пшениці в зв'язку зі змінами погодних умов у Степу України. *Зберігання і переробка зерна*. 2010. № 6 (132). С. 36–37.
3. Ретьман С. В. Плямистості озимої пшениці в Лісостепу України й концептуальні основи захисту : автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук : 06.01.11. – Київ, 2009. 43 с.
4. Григорюк І. П., Демидась Г. І., Квітко Г. П. Стійкість рослин до абіотичних і біотичних стресів. Київ : НУБіП України, 2020. 276 с.
5. Ковалишина Г. М., Кочмарський В. С., Хоменко С. О. Сорти пшениці м'якої озимої: продуктивність, адаптивність, стійкість до хвороб. Київ : Аграрна наука, 2018. 192 с.
6. Kiehr M., Delhey R. *Phaeosphaeria avenaria* f. sp. *triticae* (anamorph *Stagonospora avenae* f. sp. *triticae*) on wheat in Argentina. *Phyton*. 2007. Vol. 76. P. 85–94.

7. Šebesta J., Zwatz B., Roderick H. W. Incidence of *Phaeosphaeria avenaria* f. sp. *avenaria* in Europe between 1994–1998 and varietal reaction of oats to this disease. *Die Bodenkultur*. 2000. Vol. 51(3). P. 207–212.
8. Лісовий М. П., Ретьман С. В. Хвороби зернових культур та заходи обмеження їх розвитку. Київ : Урожай, 2017. 280 с.
9. Ретьман С. В., Борзих О. І., Стригун О. О. Фітосанітарний стан агроценозів зернових культур України. Київ : Фенікс, 2021. 364 с.
10. Sanin S. S., Polityko V. A., Kovalishina G. M. Septoria diseases of wheat in Ukraine: distribution and harmfulness. *Plant Protection and Quarantine*. 2020. Vol. 66. P. 45–53.
11. Torriani S. F. F., Melichar J. P. E., Mills C., Pain N., Sierotzki H., Courbot M. *Zymoseptoria tritici*: a major threat to wheat production. *Fungal Genetics and Biology*. 2015. Vol. 79. P. 8–15.
12. Fones H., Gurr S. The impact of *Septoria tritici* blotch disease on wheat: an EU perspective. *Fungal Genetics and Biology*. 2015. Vol. 79. P. 3–7.
13. Eyal Z., Scharen A. L., Prescott J. M., van Ginkel M. The Septoria diseases of wheat: concepts and methods of disease management. Mexico : CIMMYT, 2018. 52 p.
14. FAO. Wheat diseases and pest management under climate change. – Rome : FAO, 2021. 98 p.
15. Жемойда А. В., Піковський М. Й. Поширення та розвиток септоріозу пшениці озимої в умовах Степу. *Захист і карантин рослин*. 2022. Вип. 68. С. 72–81.
16. Кирик М. М., Бублик Л. І. Інтегрований захист зернових культур від хвороб. Київ : Колобіг, 2019. 214 с.
17. OECD–FAO. *Agricultural Outlook 2022–2031: Wheat market trends and risks*. Paris : OECD Publishing, 2022.

Дата першого надходження статті до видання: 03.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 633.63; 631.81.095.337; 632.952

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.1.20>

ОЦІНКА ПОКАЗНИКІВ БЕЗПЕЧНОСТІ МОРКВИ У КОНТЕКСТІ РОЗВИТКУ РИНКУ ТОВАРНОЇ ОВОЧЕВОЇ ПРОДУКЦІЇ В УКРАЇНІ

Дідур І.М. – д.с.-г.н., професор,

директор навчально-наукового інституту агротехнологій
та природокористування,

Вінницький національний аграрний університет

orcid.org/0000-0002-6612-6592

Панцирева Г.В. – д.с.-г.н.,

доцент кафедри лісового та садово-паркового господарства,

провідний науковий співробітник наукових тематик,

Вінницький національний аграрний університет

orcid.org/0000-0002-0539-5211

Дослідження виконано в межах реалізації гранту Президента України для молодих учених та докторів наук на тему: «Підвищення продуктивності органічного виробництва сільськогосподарських культур шляхом біологізації технологічних процесів у період повоєнного відновлення з метою зміцнення національної продовольчої безпеки» (грантоотримувач – Ігор Дідур). У статті розглянуто питання оцінки показників безпеки моркви як важливої складової формування ринку товарної овочевої продукції в Україні. В умовах підвищення вимог до якості та безпеки харчових продуктів особливого значення набуває контроль за вмістом потенційно небезпечних речовин у продукції рослинного походження. Морква є однією з найбільш поширених овочевих культур, що широко використовується у харчуванні населення, тому забезпечення її безпеки має важливе значення для збереження здоров'я споживачів та розвитку продовольчого ринку. У ході дослідження проведено комплексну оцінку показників безпеки моркви за хімічними, мікробіологічними, радіологічними та органолептичними критеріями. Встановлено, що вміст нітратів у досліджуваних зразках становить 29,7 мг/кг, що є значно нижчим за гранично допустимий рівень. Доведено, що залишкова кількість пестицидів у моркві перебуває в межах допустимих значень і не перевищує встановлених нормативів. Також встановлено, що концентрація важких металів, зокрема свинцю та кадмію, знаходиться на безпечному рівні та не становить загрози для здоров'я споживачів. Результати мікробіологічного аналізу показали, що кількість мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів відповідає встановленим санітарним нормам. Доведено, що радіологічні показники моркви, зокрема вміст радіонуклідів цезію-137 та стронцію-90, є значно нижчими за гранично допустимі значення. Це свідчить про радіологічну безпеку досліджуваної продукції. Для узагальнення результатів дослідження застосовано метод бальної оцінки показників безпеки з використанням коефіцієнтів вагомості. Встановлено, що інтегральний показник безпеки моркви становить 4,60 бали, що відповідає високому рівню безпеки продукції. Отримані результати підтверджують відповідність досліджуваної моркви чинним санітарно-гігієнічним вимогам та стандартам якості. Доведено, що комплексна оцінка показників безпеки овочевої продукції є важливим інструментом контролю якості та підвищення конкурентоспроможності продукції на продовольчому ринку. Практичне значення дослідження полягає у можливості використання отриманих результатів для удосконалення системи контролю безпеки овочевої продукції, підвищення ефективності виробництва та забезпечення населення якісними і безпечними харчовими продуктами.

Ключові слова: морква, безпека продукції, овочева продукція, нітрати, пестициди, важкі метали, інтегральна оцінка, продовольчий ринок.



© Дідур І.М., Панцирева Г.В., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Didur I.M., Pantsyreva H.V. Assessment of carrot safety indicators in the context of the development of the market for commercial vegetable products in Ukraine

The article considers the issue of assessing the safety indicators of carrots as an important component of the formation of the market for commercial vegetable products in Ukraine. In the context of increasing requirements for the quality and safety of food products, control over the content of potentially hazardous substances in plant products is of particular importance. Carrots are one of the most common vegetable crops, which is widely used in the diet of the population, therefore ensuring its safety is of great importance for preserving the health of consumers and developing the food market. During the study, a comprehensive assessment of the safety indicators of carrots was carried out according to chemical, microbiological, radiological and organoleptic criteria. It was established that the nitrate content in the studied samples is 29.7 mg/kg, which is significantly lower than the maximum permissible level. It is proven that the residual amount of pesticides in carrots is within the permissible values and does not exceed the established standards. It was also established that the concentration of heavy metals, in particular lead and cadmium, is at a safe level and does not pose a threat to the health of consumers. The results of microbiological analysis showed that the number of mesophilic aerobic and facultative anaerobic microorganisms meets the established sanitary standards. It is proven that the radiological indicators of carrots, in particular the content of radionuclides cesium-137 and strontium-90, are significantly lower than the maximum permissible values. This indicates the radiological safety of the studied products. To summarize the results of the study, the method of scoring safety indicators using weighting factors was used. It was established that the integral safety indicator of carrots is 4.60 points, which corresponds to a high level of product safety. The results obtained confirm the compliance of the studied carrots with the current sanitary and hygienic requirements and quality standards. It is proven that a comprehensive assessment of the safety indicators of vegetable products is an important tool for quality control and increasing the competitiveness of products in the food market. The practical significance of the study lies in the possibility of using the results obtained to improve the system of control over the safety of vegetable products, increase the efficiency of production and provide the population with high-quality and safe food products.

Key words: *carrots, product safety, vegetable products, nitrates, pesticides, heavy metals, integrated assessment, food market.*

Постановка проблеми. Овочівництво є важливою складовою аграрного сектору України та відіграє значну роль у забезпеченні продовольчої безпеки держави, формуванні збалансованого харчування населення та розвитку внутрішнього продовольчого ринку [1, 10-13]. Серед овочевих культур особливе місце займає морква, яка належить до соціально значущих продуктів харчування, характеризується високою харчовою та біологічною цінністю, а також стабільним попитом на внутрішньому ринку [10]. У структурі споживання овочевої продукції морква виступає одним із ключових компонентів щоденного раціону населення, що зумовлює підвищені вимоги до її якості та безпечності. У сучасних умовах функціонування аграрного ринку особливого значення набуває проблема забезпечення безпечності харчової продукції, що обумовлено як зростанням екологічних ризиків, інтенсифікацією сільськогосподарського виробництва, так і посиленням вимог до якості та безпечності продовольства з боку держави і споживачів.

Вирощування овочевих культур, зокрема моркви, пов'язане з використанням мінеральних добрив, засобів захисту рослин та інших технологічних факторів, що можуть впливати на накопичення нітратів, залишків пестицидів та інших потенційно небезпечних речовин у продукції [2-3].

У зв'язку з цим питання контролю та оцінки показників безпечності моркви набуває особливої актуальності як з точки зору захисту здоров'я населення, так і з позицій підвищення конкурентоспроможності продукції на внутрішньому та зовнішньому ринках [4]. Крім того, інтеграційні процеси України до європейського економічного простору та адаптація національного законодавства до вимог

Європейського Союзу зумовлюють необхідність гармонізації стандартів якості та безпечності харчових продуктів, у тому числі овочевої продукції [1, 5]. Це потребує удосконалення системи моніторингу показників безпечності, запровадження сучасних методів контролю якості та підвищення ефективності управління виробництвом і реалізацією овочевої продукції. У цьому контексті особливого наукового та практичного значення набуває оцінка показників безпечності моркви як важливого елементу формування ефективного та конкурентоспроможного ринку товарної овочевої продукції в Україні.

Проведення комплексних досліджень у цьому напрямі сприятиме підвищенню якості продукції, зміцненню довіри споживачів, удосконаленню механізмів державного регулювання ринку овочів та забезпеченню стабільного розвитку овочівництва в Україні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблематика забезпечення якості та безпечності овочевої продукції, зокрема моркви, а також формування ефективного ринку овочів в Україні є предметом досліджень багатьох вітчизняних і зарубіжних науковців. У наукових працях значна увага приділяється питанням продовольчої безпеки, підвищення якості сільськогосподарської продукції, контролю за вмістом небезпечних речовин у продуктах рослинного походження та розвитку ринку овочевої продукції.

Теоретичні та методичні засади формування продовольчого ринку, розвитку аграрного сектору та забезпечення продовольчої безпеки держави розглянуто у працях відомих українських учених, зокрема І.М. Дідура, О.П. Ткачука, С.А. Вдовенка, які досліджували економічні механізми функціонування аграрного ринку, підвищення ефективності виробництва сільськогосподарської продукції та забезпечення конкурентоспроможності продовольчих товарів [5-7, 14-15].

Питання якості та безпечності продукції рослинництва, зокрема овочевих культур, висвітлено у роботах І.І. Паламарчук, С.Е. Амонса та інших науковців, які досліджували вплив агротехнологічних факторів на формування якісних показників овочевої продукції, накопичення нітратів та інших потенційно небезпечних речовин у рослинній сировині, а також способи їх контролю та зниження [3, 10, 13].

Окремі аспекти виробництва та ринку овочевої продукції, включаючи моркву, розглядаються у дослідженнях, присвячених підвищенню ефективності овочівництва, удосконаленню технологій вирощування, зберігання та реалізації овочевої продукції [8-9]. У цих роботах акцентується увага на необхідності дотримання сучасних стандартів якості та безпечності продукції відповідно до міжнародних вимог. Водночас, незважаючи на значну кількість наукових праць, питання комплексної оцінки показників безпечності моркви у контексті розвитку ринку товарної овочевої продукції в Україні залишаються недостатньо дослідженими.

Потребують подальшого наукового обґрунтування підходи до оцінювання рівня безпечності продукції, удосконалення системи контролю якості, а також визначення впливу цих показників на формування конкурентоспроможного ринку овочевої продукції. Таким чином, актуальність та недостатній рівень опрацювання зазначених питань зумовлюють необхідність подальших наукових досліджень, спрямованих на оцінку показників безпечності моркви та їх впливу на розвиток ринку товарної овочевої продукції в Україні.

Мета дослідження. Метою дослідження є комплексна оцінка показників безпечності моркви, визначення їх відповідності встановленим санітарно-гігієнічним нормам та стандартам якості, а також обґрунтування їх значення у формуванні та розвитку ринку товарної овочевої продукції в Україні.

Досягнення поставленої мети передбачає аналіз основних показників безпечності моркви, зокрема вмісту нітратів, залишків пестицидів, важких металів, мікробіологічних та радіологічних показників, а також оцінку їх впливу на якість продукції, рівень споживчої довіри та конкурентоспроможність овочевої продукції на внутрішньому продовольчому ринку. Реалізація мети дослідження сприятиме визначенню сучасного стану безпечності продукції моркви та обґрунтуванню напрямів підвищення ефективності контролю якості й безпечності овочевої продукції в умовах розвитку аграрного ринку України.

Матеріали та методика досліджень. Представлено результати комплексної оцінки показників безпечності моркви за основними групами критеріїв: хімічними, мікробіологічними, радіологічними та органолептичними. Оцінювання проводилося з використанням відповідних методів лабораторного аналізу та з урахуванням гранично допустимих рівнів (ГДР), установлених чинними санітарно-гігієнічними нормами. Порівняння фактичних даних із нормативними значеннями проводили шляхом аналізу відповідності вимогам стандартів (ДСТУ 7035:2009 «Морква свіжа. Технічні умови»). Дослідження проводили над ранньостиглим гібридом моркви Абако F1, що вирощений в умовах дослідного поля у НДГ «Агрономічне» Вінницького національного аграрного університету.

Виклад основного матеріалу досліджень. Аналіз хімічних показників засвідчив, що вміст нітратів у досліджуваних зразках моркви становить 29,7 мг/кг, що є значно нижчим за гранично допустимий рівень (≤ 250 мг/кг) (табл. 1). Це свідчить про дотримання технологічних вимог під час вирощування культури та раціональне використання мінеральних добрив. Вміст залишків пестицидів у зразках становив 0,02 мг/кг, що також не перевищує встановлений норматив ($\leq 0,05$ мг/кг) і підтверджує безпечність продукції щодо хімічного забруднення.

Важливим елементом оцінювання безпечності є визначення вмісту важких металів [11-12]. За результатами дослідження встановлено, що концентрація свинцю (Pb) становить 0,04 мг/кг при допустимому рівні $\leq 0,1$ мг/кг, а вміст кадмію (Cd) – 0,02 мг/кг при нормативі $\leq 0,03$ мг/кг. Отримані значення перебувають у межах допустимих норм, що свідчить про відсутність небезпечного техногенного або екологічного забруднення продукції.

Таблиця 1

Комплексна оцінка показників безпечності моркви

Група показників	Показник безпечності	Метод визначення	Гранично допустимий рівень (ГДР)	Значення показника
Хімічні	Вміст нітратів, мг/кг	Іонометричний метод	≤ 250 мг/кг	$\geq 29,7$
Хімічні	Залишки пестицидів, мг/кг	Хроматографічний аналіз	$\leq 0,05$ мг/кг	$\geq 0,02$
Хімічні	Вміст важких металів (Pb), мг/кг	Атомно-абсорбційний метод	$\leq 0,1$ мг/кг	$\geq 0,04$
Хімічні	Вміст кадмію (Cd), мг/кг	Атомно-абсорбційний метод	$\leq 0,03$ мг/кг	$\geq 0,02$
Мікробіологічні	КМАФАнМ, КУО/г	Мікробіологічний аналіз	$\leq 1 \times 10^4$	5×10^3
Радіологічні	Cs-137, Бк/кг	Радіометричний метод	≤ 40	2,11
Радіологічні	Sr-90, Бк/кг	Радіометричний метод	≤ 20	0,917
Органолептичні	Колір, запах, смак	Органолептична оцінка	Власитиві сорту	Нормальні

Джерело: сформовано на основі протоколу випробувань ДУ Вінницький ОЦКПХ МОЗ

Мікробіологічні показники також відповідають встановленим вимогам. Зокрема, кількість мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів (КМАФАнМ) становить 5×10^3 КУО/г, що не перевищує допустимий рівень 1×10^4 КУО/г. Це вказує на належні умови вирощування, збирання та зберігання продукції. Радіологічна оцінка показала, що вміст радіонуклідів Cs-137 у досліджуваних зразках моркви становить 2,11 Бк/кг при гранично допустимому рівні ≤ 40 Бк/кг, а Sr-90 – 0,917 Бк/кг при нормативі ≤ 20 Бк/кг. Отримані результати значно нижчі за встановлені норми, що свідчить про радіологічну безпечність продукції.

Органолептична оцінка моркви засвідчила, що колір, запах і смак відповідають типовим характеристикам сорту, що підтверджує належну якість продукції та її придатність до споживання. Таким чином, результати комплексної оцінки показників безпечності моркви свідчать про відповідність досліджуваних зразків чинним санітарним і гігієнічним вимогам. Це дозволяє зробити висновок про високий рівень безпечності продукції та можливість її реалізації на ринку товарної овочевої продукції.

У таблиці 2 наведено результати бальної оцінки основних показників безпечності моркви з урахуванням коефіцієнтів вагомості, що дозволяє визначити інтегральний рівень безпечності досліджуваної продукції. Такий підхід дає змогу комплексно оцінити якість продукції та встановити узагальнений показник, який відображає відповідність моркви санітарно-гігієнічним нормам та вимогам безпечності харчових продуктів.

Таблиця 2

Оцінка показників безпечності моркви

Показник безпечності	Бальна оцінка (1-5)	Коефіцієнт вагомості	Зважений бал
Вміст нітратів, мг/кг	4	0,25	1,00
Залишки пестицидів, мг/кг	5	0,20	1,00
Вміст свинцю (Pb), мг/кг	4	0,15	0,60
Вміст кадмію (Cd), мг/кг	5	0,10	0,50
Мікробіологічні показники	5	0,15	0,75
Радіологічні показники	5	0,10	0,50
Органолептичні показники	5	0,05	0,25
Інтегральний показник безпечності	-	1,00	4,60

Джерело: *сформовано на основі власних досліджень*

Рігдно з отриманими результатами, показник вмісту нітратів отримав свідчить про відносно високий рівень безпечності за даним показником та відповідність фактичного вмісту нітратів встановленим нормативам (бальна оцінка 4 при коефіцієнті вагомості 0,25, що забезпечило зважений бал 1,00). Залишки пестицидів отримали максимальну бальну оцінку – 5. За коефіцієнта вагомості 0,20 зважений бал становить 1,00, що характеризує дуже низький рівень залишкових кількостей пестицидів у досліджуваній продукції та підтверджує її екологічну безпечність коренеплодів моркви. Вміст свинцю (Pb) оцінено у 4 бали при коефіцієнті вагомості 0,15, що сформувало зважений бал на рівні 0,60. Отриманий результат свідчить про те, що концентрація цього важкого металу перебуває в допустимих межах і не становить небезпеки для здоров'я споживачів. Показник вмісту кадмію (Cd) отримав максимальну оцінку – 5 балів при коефіцієнті вагомості 0,10, що забезпечило зважений бал 0,50. Це вказує на незначний рівень накопичення цього токсичного

елемента в досліджуваній продукції. Мікробіологічні показники також отримали найвищу оцінку – 5 балів. За коефіцієнта вагомості 0,15 їх зважений бал становить 0,75, що свідчить про відповідність продукції санітарним нормам та належний рівень гігієнічного стану під час виробництва, транспортування та зберігання.

Радіологічні показники моркви оцінено у 5 балів при коефіцієнті вагомості 0,10, що відповідає зваженому балу 0,50. Це підтверджує відсутність небезпечного рівня радіонуклідів у продукції. Органолептичні показники також отримали максимальну оцінку – 5 балів. За коефіцієнта вагомості 0,05 їх зважений бал становить 0,25, що характеризує добрі споживчі властивості моркви. У результаті узагальнення всіх показників інтегральний показник безпечності моркви становить 4,60, що відповідає високому рівню безпечності продукції. Отримані результати свідчать про відповідність досліджуваної моркви встановленим нормативним вимогам та підтверджують можливість її реалізації на ринку товарної овочевої продукції моркви вирощеної в умовах Лісостепу правобережного.

Висновки. У результаті проведеного дослідження здійснено комплексну оцінку показників безпечності моркви за хімічними, мікробіологічними, радіологічними та органолептичними критеріями. Встановлено, що вміст нітратів, залишків пестицидів, важких металів (свинцю та кадмію), а також радіонуклідів перебуває в межах гранично допустимих рівнів, визначених чинними нормативними документами. Доведено, що досліджувані зразки моркви відповідають санітарно-гігієнічним вимогам та є безпечними для споживання. За результатами бальної оцінки з урахуванням коефіцієнтів вагомості встановлено інтегральний показник безпечності на рівні 4,60 бали, що характеризує високий рівень безпечності продукції. Це свідчить про належну організацію технологічних процесів вирощування, збирання, зберігання та реалізації моркви. Отримані результати підтверджують доцільність застосування комплексного підходу до оцінювання безпечності овочевої продукції як важливого інструменту забезпечення якості та підвищення конкурентоспроможності на ринку товарної продукції в Україні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Fernández J.A., Belladonna M.E., Comezaña D.P., Contreras M.M., Current R.A. Trends in Organic Vegetable Crop Production. *Practices and Techniques Horticulturae*. 2022. Vol. 8(10). P. 893-905. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8100893>
2. Majhi S., Mehata D., Shah D., Yadav N., Chaudhary P., Shah S., Timilsina U., Rijal P. Impact of organic and inorganic fertilizers on the growth and yield of Beetroot (*Beta vulgaris* L.) in the hilly region of Nepal. *International Journal of Agriculture, Environment and Food Sciences*. 2024. Vol. 8(2). P. 242–250. <https://doi.org/10.31015/jaefs.2024.2.1>
3. Palamarchuk I.I., Tsyhanska O.I., Matusyak M.V., Tsyhanskyi V.I. Growing table beets with the use of biological preparations in conditions of the right-bank foreststeppe of Ukraine. *Modern Phytomorphology*. 2022. Vol. 16. P. 21–27.
4. Панцирева Г.В., Піхоцький В.А. Якісні показники коренеплодів столового буряка за комплексного застосування біопрепаратів. *Аграрні інновації*. 2025. № 33. С. 222-227. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.33.37>
5. Vdovenko S.A., Prokopchuk V.M., Palamarchuk I.I., Pantsyreva H.V. Effectiveness of the application of soil milling in the growing of the squash (*Cucurbita pepo* var. *giraumontia*) in the right-bank forest steppe of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2018. Vol. 8, № 4. P. 1-5.
6. Vdovenko S.A., Palamarchuk I.I., Pantsyreva H.V., Alexeyev O.O., Vdovenko L.O. Energy efficient growing of red beet in the conditions of central forest steppe of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2018. Vol. 8, № 4. P. 34-40.

7. Didur I., Vdovenko S., Tkachuk O., Palamarchuk I., Pantsyeva H., Chabaniuk Ya., Shkatula Yu., Zabarna T., Gucol G. Cultivation of tomatoes using mycorrhizal biological preparations. *Modern Phytomorphology*. 2024. Vol. 18. P. 133-138. DOI: 10.5281/zenodo.200121

8. Гамаюнова В.В., Хоненко Л.Г., Бакланова Т.В. Сучасні підходи до застосування мінеральних добрив за збереження ґрунтової родючості в умовах зміни клімату. *Наукові горизонти*. 2020. № 2 (87). С. 89–101. DOI: <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2020-87-02-102-110>

9. Палапа Н.В., Дем'янюк О.С., Нагорнюк О.М. Продовольча безпека України: стан та актуальні питання сьогодення. *Агроекологічний журнал*. 2022. № 2. С. 34–45. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2022.263314>.

10. Амонс С. Е., Красняк О. П. Виробництво овочів в Україні: стан, проблеми та перспективи розвитку галузі. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. Вип. 2. С. 97-116.

11. Панцирева Г.В. Розробка біоорганічної технології вирощування сільськогосподарських культур за використання біодобрив, позакоренових підживлень та фізіологічно-активних речовин. *Аграрні інновації*. 2025. № 29. С. 101-106. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.29.17>

12. Паламарчук І.І. Вивчення технологічних прийомів вирощування моркви столової в умовах Лісостепу правобережного. *Сільське господарство та лісівництво*. 2022. Вип. 26. С. 194-204. DOI: 10.37128/2707-5826-2022-3-15

13. Амонс С.Е. Стан та перспективи розвитку виробництва органічної продукції в Україні. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. Вип. 22. С. 221-236. DOI: <https://doi.org/10.7176/FSQM/93-02>

14. Дідур І.М., Аралова Т.С. Обґрунтування технології вирощування томата за різних методів отримання розсади. *Сільське господарство та лісівництво*. 2026. № 1 (40). С. 5-13. DOI: 10.37128/2707-5826-2026-1-1

15. Дідур І.М. Економічна оцінка технології вирощування цибулі у розрізі виробничих витрат. *Сільське господарство та лісівництво*. 2025. № 4 (39). С. 5-14. DOI: 10.37128/2707-5826-2025-4-1

Дата першого надходження статті до видання: 02.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 633.15:631.8:581.175.3

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.1.21>

ВПЛИВ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ ТА АЗОТФІКСАТОРА НА ВМІСТ ХЛОРОФІЛУ В ЛИСТКАХ ТА УРОЖАЙНІСТЬ КУКУРУДЗИ

Довгеля О.М. – к.с.-г.н., докторант,
Інститут водних проблем і меліорації
orcid.org/0009-0006-7000-0358

Антоненко О.О. – аспірант кафедри рослинництва,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
orcid.org/0009-0005-5488-896X

За сучасних умов аграрного виробництва зростає потреба у пошуку нових шляхів для удосконалення існуючих технологій вирощування кукурудзи та оптимізації системи її удобрення. Актуальним є дослідження застосування біопрепаратів, зокрема азотфіксаторів, які дозволяють зменшити використання мінеральних добрив і водночас підвищити урожайність кукурудзи. Метою дослідження було визначення впливу різних норм мінерального живлення у поєднанні із застосуванням біопрепарату азотфіксатора на вміст хлорофілу в листках рослин та продуктивність посівів кукурудзи в агроecологічних умовах Центрального Лісостепу України. Польові дослідження проведено впродовж 2023-2025 рр. в ґрунтово-кліматичних умовах господарства в Київській області на посівах кукурудзи гібриду Р8436АQ (ФАО 260). Розмір дослідної ділянки був 33 м², повторність 4-кратна, розміщення ділянок послідовне багаторядне. Використання біологічного препарату азотфіксатора в системі удобрення кукурудзи у поєднанні з мінеральними добривами позитивно впливало на кількість хлорофілу в листках рослин. За застосування лише підживлення рослин кукурудзи мінеральними добривами, залежно від норм їх внесення, відмічено збільшення кількості умовних одиниць хлорофілу у листках кукурудзи на 1,6-7,3%, порівняно із контролем (без добрив). Разом з тим, додавання біопрепарату призводило до підвищення вмісту хлорофілу у листках кукурудзи на 2,8-5,5%, порівняно із контролем (без добрив + азотфіксатор). Визначено вплив оптимізації системи удобрення на продуктивність рослин кукурудзи за рахунок застосування біопрепарату у поєднанні із мінеральними добривами за різних норм їх внесення. Загалом, за застосування лише мінеральних добрив одержано урожайність зерна кукурудзи на 15,6-24,9 % вищу, порівняно з контролем. У варіантах із застосуванням мінеральних добрив у поєднанні з біопрепаратом одержано урожайність зерна кукурудзи на 13,7-23,2 % вищу, ніж на відповідному контролі. Найбільшу урожайність, яка сягала 14,0 т/га, отримано у варіанті N₁₅₀P₁₂₀K₁₂₀ + азотфіксатор. При застосуванні біопрепарату у поєднанні з мінеральними добривами одержано на 5,8% або 0,71 т/га вищу урожайність зерна культури, ніж у варіантах без його внесення.

Ключові слова: біопрепарат, азотфіксатор, кількість хлорофілу, мінеральні добрива, урожайність зерна.

Dovhelia O.M., Antonenko O.O. The effect of mineral nutrition and nitrogen fixer on the chlorophyll content in leaves of maize and its yield

Under modern conditions of agricultural production, there is a growing need to find new ways to improve existing technologies for growing maize and optimize its fertilization system. Research into the use of biological products, in particular nitrogen fixers, which reduce the use of mineral fertilizers and at the same time increase maize yield is relevant. This study aimed to determine the effects of different fertilisation strategies in combination with the use of a biological product of a nitrogen fixer on the chlorophyll content in plant leaves and the yield of maize under the agroecological conditions of the Central Forest-Steppe of Ukraine. Field experiments were



© Довгеля О.М., Антоненко О.О., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

conducted during 2023-2025 under the soil and climatic conditions of a farm in the Kyiv Region, using the maize hybrid P8436AQ (FAO 260). The area of each experimental plot was 33 m², with four replications and a sequential multilevel arrangement. The application of a nitrogen-fixing biological agent in combination with mineral fertilisers had a positive effect on the amount of chlorophyll in plant leaves. The use of only fertilizing maize plants with mineral fertilizers, depending on the rate of their application, significantly increases the number of chlorophyll conventional units in plant leaves by 1.6-7.3%, compare to the control (without fertilizers). At the same time, the application of a biological preparation led to an increase in the chlorophyll content in maize leaves by 2.8-5.5%, compare to the control (without fertilizers + nitrogen fixer). An evaluation was carried out to determine the effectiveness and impact of optimising the fertilisation system on productivity of maize plants through the use of a biological preparation in combination with mineral fertilisers at various application rates. Overall, the application of mineral fertilisers alone resulted in a 15.6-24.9% increase in grain yield compared to the control. In treatments combining mineral fertilisers with the biological agent, grain yield was 13.7-23.2% higher than in the corresponding control variants. The highest average grain yield, amounting to 14.0 t/ha, was achieved with the N₁₅₀P₁₂₀K₁₂₀ + nitrogen-fixing agent treatment. The application of the biological preparation in combination with mineral fertilisers produced a 5.8% (or 0.71 t/ha) higher grain yield compared to treatments without the biological agent.

Key words: biological preparation, nitrogen fixer, amount of chlorophyll, mineral fertilisers, grain yield.

Постановка проблеми. Кукурудзу (*Zea mays* L.) вирощують у більшості країн світу, при цьому майже половина світового виробництва припадає на США і Китай [1], які є найбільшими споживачами та виробниками продуктів переробки цієї культури. Валовий збір зерна кукурудзи в Україні становить близько 3,2% від загального світового обсягу. За даними Мінагрополітики України з 1997 по 2021 рр. площі вирощування цієї культури збільшилися у 3,3 рази – з 1,68 млн. га 5,5 млн. га. З 2022 по 2025 рр. у зв'язку з війною в країні відбулося скорочення посівних площ до 4,145 млн. га.

В останні роки у загальній структурі зерновиробництва нашої країни частка кукурудзи сягає майже 50%. Тобто вона є стратегічно важливою культурою для забезпечення стійкого розвитку аграрної галузі України. Збільшити врожайність та обсяги виробництва її зерна можливо шляхом удосконалення технології вирощування за рахунок реалізації генетичного потенціалу та впровадження нових високопродуктивних гібридів, використання сучасних засобів захисту рослин та оптимізації мінерального живлення [2, 3].

За сучасних складних економічних умов, питання забезпечення високої урожайності посівів кукурудзи є актуальним. Практично кожні кілька років змінюється кількісний та якісний склад гібридів, які відрізняються тривалістю вегетаційного періоду, адаптивністю, потенціалом урожайності та потребують уточнення певних агротехнічних заходів (норма витрати насіння при сівбі, густота стояння рослин та ін.). Удосконалення технології вирощування кукурудзи фактично спрямовується на задоволення потреб рослин і сприяє розкриттю їх потенціалу. Одним із шляхів оптимізації технології вирощування є уточнення норм внесення мінеральних добрив за поєднання їх із біологічними препаратами [4]. Тому, дослідження застосування азотфіксаторів, які впливають на продуктивність рослин кукурудзи та можуть знижувати їх потребу у використанні азотних добрив, сприяти збільшенню урожайності та рівня рентабельності виробництва культури, є особливо актуальними.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Високі врожаї кукурудзи можливі лише за умови внесення достатньої кількості добрив, оскільки ця культура ефективніше засвоює поживні речовини, порівняно з іншими зерновими. Це

пояснюється тривалішим вегетаційним періодом і здатністю рослин активно поглинати елементи живлення протягом усього циклу розвитку – від початку вегетації до повного дозрівання зерна [5]. Внаслідок оптимізації умов живлення гібридів кукурудзи при застосуванні збалансованих норм мінеральних добрив у поєднанні із біопрепаратами відбувається інтенсивний ріст стебла та формування листкової поверхні рослин, що сприяє підвищенню вмісту хлорофілу, ефективності фотосинтезу та збільшенню врожайності зерна [6-8].

Комбінація мінеральних добрив і біопрепаратів створює позитивний ефект на характеристики ґрунту, допомагаючи зберегти його родючість, активувати мобілізацію фосфору та калію з нерозчинних сполук до доступної для рослин форми. При цьому підвищується ефективність мінеральних добрив, відбувається оптимізація живлення та покращується стійкість рослин до несприятливих умов навколишнього середовища, збільшується врожайність сільськогосподарських культур. Проведені польськими дослідниками експерименти показали, що правильно підібрані біостимулятори позитивно впливають на ріст рослин, фізіологічні показники та врожайність зерна кукурудзи. При цьому вплив препаратів на врожайність зерна залежав від умов, що панували у вегетаційний період [10].

Як відомо, асоціація бактерій з рослинами – це тісна взаємодія (симбіоз або асоціативний симбіоз), за якої мікроорганізми колонізують коріння (інокуляція насіння перед сівбою) або внутрішні тканини рослин (обприскування у ранній вегетаційний період). При цьому бактерії отримують поживні речовини, а рослини – азот, гормони росту та захист від патогенів, що підвищує врожайність [11]. Зарубіжними вченими проводилися дослідження з вивчення способів інокуляції насіння як бобових, так і зернових культур, які не мають бульбочкових бактерій в кореневій системі. Визначено, що за асоціативної азотфіксації в небобових культур відбувалося стимулювання росту рослин за рахунок збільшення азотного живлення, а бактерії отримували вуглець з рослинного фотосинтезу [12].

Факультативні метилотрофи родів *Methylobacterium* та *Methylorubrum* можуть використовувати відновлені одновуглецеві сполуки як джерела вуглецю та енергії. Вони, зазвичай, асоціюються з рослинами, особливо на поверхні листя, де їхній метилотрофний метаболізм пропонує значну адаптивну перевагу над іншими видами бактерій, завдяки їхній здатності виробляти рослинні гормони та допомагати рослинам засвоювати поживні речовини [13]. Бактерії, що містять нітрогеназу, займають незамінну екологічну нішу, постачаючи фіксований азот до глобального циклу азоту. Завдяки цій початковій ролі в циклі азоту, діазотрофи присутні практично у всіх екосистемах та таких різноманітних середовищах, як аеробні ґрунти (наприклад, види *Azotobacter*), поверхневий шар океану (*Trichodesmium*) та спеціалізовані бульбочки в коренях бобових (*Rhizobium*) [14].

Українськими вченими досліджено, що застосування мікробних препаратів для інокуляції насіння сільськогосподарських культур забезпечує зменшення емісії оксиду азоту (N_2O) з ризосферного ґрунту рослин за їх вирощування по мінеральних агрофонах, що важливо як в економічному, так і в екологічному відношеннях [15].

Дослідженнями німецьких вчених доведено, що інокуляція комплексом штамів корисних бактерій (*Pseudomonas* sp. RU47, *Bacillus atrophaeus* ABi03, *Trichoderma harzianum* OMG16) покращує ріст та придатність рослин кукурудзи, зокрема, збільшуючи поглинання заліза, що має вирішальне значення для адаптації до посухи. Тому, використання консорціумів корисних мікробів для сталого сільського господарства, зокрема з акцентом на зменшення використання

агрохімікатів та обробітку ґрунту, може мати вирішальне значення для покращення здоров'я сільськогосподарських культур та стабільності врожайності [16]. Інокуляція бактеріями *Azospirillum brasilense* насіння кукурудзи збільшувала масу коренів на 12,1%, концентрацію азоту в листі на 4,3%, врожайність зерна на 5,4% та вміст азоту в зерні на 3,6%. Застосування біопрепарату способом обприскування на початкових стадіях вегетативного росту (2-3 листки) забезпечило збільшення врожайності зерна на +3,1% [17].

Одним із сучасних біопрепаратів на основі азотфіксуючої бактерії-ендофіту (*Methylobacterium symbioticum*) є Блу N виробництва компанії Corteva Agriscience. Ця бактерія взаємодіє з рослиною, забезпечуючи їй надходження азоту з атмосфери. При потраплянні у вигляді водного розчину на рослину, відбувається її колонізація природними бактеріями, які продовжують співіснувати з нею до кінця вегетації. При цьому забезпечення посівів культури додатковим азотом може сягати 20-30 кг/га і більше [18]. Зокрема, у 2021 та 2022 рр. проведено оцінку фіксації азоту рослинами кукурудзи під впливом *Methylobacterium symbioticum*, яка сягала 58,8 та 14,5 кг/га, відповідно [19].

Вивчення бактерії *Methylobacterium symbioticum* показало її позитивний вплив на стимулювання росту рослин, підвищення ефективності використання азоту та продуктивності зернових культур. Виявлено, що рослини, оброблені цією бактерією, продемонстрували 5% збільшення вмісту білка в зерні. Таким чином, стратегія інокуляції біопрепаратами може підвищити ефективність використання азоту, особливо за умови зменшення мінерального удобрення, що є екологічно чистою та сталою сільськогосподарською стратегією вирощування кукурудзи [20, 21].

Отже, дослідження ефективності використання мінеральних добрив у поєднанні з біологічними препаратами в системі підживлення кукурудзи є важливим завданням. Це дозволить створити сприятливі умови для росту і розвитку рослин культури, а також для одержання високої її продуктивності, що є актуальним.

Мета нашої роботи полягала у визначенні впливу різних норм мінерального живлення у поєднанні із застосуванням біопрепарату азотфіксатора на вміст хлорофілу в листках рослин та продуктивність посівів кукурудзи.

Матеріали та методика досліджень. Польові дослідження було проведено за загальноприйнятими методиками [22-26] впродовж 2023–2025 рр. в ґрунтово-кліматичних умовах СТОВ «Любарецьке» Бориспільського району Київської області (координати 50°13'19.8"N 31°09'49.6"E) на посівах кукурудзи. Ґрунт на дослідному полі чорнозем опідзолений малогумусний із умістом гумусу 3,8%. Вміст рухомих форм NO_3^- – 2,05 мг/100 г ґрунту, P_2O_5 – 7,3 мг/100 г, K_2O – 14,0 мг/100 г, рН-6,2, щільність ґрунту 1,2 г/см³. Розмір дослідної ділянки 33 м², повторність 4-кратна, розміщення ділянок послідовне багаторусне. Сівбу проводили насінням кукурудзи Р8436AQ (ФАО 260) середньо-ранньої групи стиглості.

Основний обробіток ґрунту із використанням оборотного плуга на глибину 22-24 см проводили восени. Навесні здійснювали закривання вологи важкими зубовими боровами. У якості мінерального підживлення застосовували нітроамофоску (15:15:15), а також додавали карбамід з метою корекції норми внесення азоту згідно схеми досліду. Після розсівання мінеральних добрив їх заробляли в ґрунт культиватором Lemken SYSTEM-Компактор на глибину 10-12 см. Сівбу насіння кукурудзи здійснювали за використання селекційної сівалки Winterstaiger на глибину 4,5-5,0 см. Подальша технологія догляду за кукурудзою була загальноприйнятою для зони Лісостепу.

Після появи сходів культури у фазу 5-6 листків проводили внесення препарату Блу N із рекомендованою нормою витрати (333 г/га) за допомогою тракторного

обприскувача. При цьому витрата робочого розчину рідини склала 250 л/га. Схема польового досліджу включала варіанти із внесенням різних норм мінеральних добрив, а також із застосуванням біопрепарату, контроль – без добрив та контроль із внесенням біопрепарату (табл. 1).

Таблиця 1

Схема польового досліджу

Варіант	Норма внесення мінеральних добрив, кг/га д. р.	Норма витрати біопрепарату, кг/га
Контроль (без добрив)	-	-
Контроль (без добрив) + азотфіксатор	-	0,333
Нітроамофоска + карбамід	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	-
Нітроамофоска + карбамід + азотфіксатор	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	0,333
Нітроамофоска + карбамід	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	-
Нітроамофоска + карбамід + азотфіксатор	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	0,333
Нітроамофоска + карбамід	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	-
Нітроамофоска + карбамід + азотфіксатор	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	0,333
Нітроамофоска + карбамід	N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	-
Нітроамофоска + карбамід + азотфіксатор	N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	0,333

Гідротермічний коефіцієнт (ГТК) за вегетаційний період розраховували за формулою: $K=R*10/\Sigma t$, де R – сума опадів у міліметрах за період із температурою вище +10 °C, Σt – сума активних температур (CAT) у градусах Цельсія (°C) за той самий час. Низький показник ГТК (менше 1) є ознакою недостатнього зволоження впродовж вегетаційного періоду [27, 28].

На дослідних ділянках кукурудзи на початку цвітіння було проведено обліки для визначення забезпечення і, відповідно, потреби рослин в азотному живленні. Вимірювання здійснювали за використання приладу N-Tester YARA, який діє шляхом вимірювання в умовних одиницях вмісту хлорофілу в листі, що пов'язане з азотним станом рослини [29, 30]. Для отримання середнього значення потрібно провести 30 випадкових вимірювань на листках культури з ділянки варіанту досліджу.

Результати досліджень. Основним джерелом зволоження ґрунту в зоні проведення досліджень є атмосферні опади. Середня річна вологість повітря становить 76% (коливається в межах 36-99%). У 2023 р. гідротермічний коефіцієнт склав 1,23 (табл. 2), а сума опадів впродовж вегетаційного періоду сягала 375,4 мм, на 9,4% перевищивши середній багаторічний показник. Погодні умови цього року характеризувалися достатнім зволоженням.

Таблиця 2

Метеорологічні умови вегетаційного періоду, Бориспільський р-н

Показник	2023 р.	2024 р.	2025 р.	Середнє багаторічне
CAT за IV-IX місяці, °C	3063,6	3412,5	2967,5	2825,0
CET (>10°C) за IV-IX місяці, °C	1463,6	1715,4	1377,5	1300,0
Сума опадів за IV-IX місяці, мм	375,4	329,2	305,4	343,0
ГТК	1,23	0,96	1,03	1,21

У 2024 та 2025 рр. сума опадів сягала лише 329,2 та 305,4 мм, що склало 95,9 та 89,0% від багаторічної норми, відповідно. При цьому ГТК становив 0,96 та 1,03, що вказує на слабку посуху. Загалом, аналізуючи погодні дані 2023-2025 рр. та порівнюючи їх із середніми багаторічними даними, слід відмітити, що кількість опадів, яка випадає впродовж вегетаційного періоду є, переважно, достатньою для формування високих урожаїв сільськогосподарських культур, зокрема кукурудзи.

Зростання сум активних та ефективних температур спостерігалось з 2023 по 2025 рр. При цьому перевищення САТ над середнім багаторічним показником склало 5,0-20,8%. Тоді як сума ефективних температур (СЕТ) на 5,9-32,0% перевищувала багаторічну норму. Таке зростання СЕТ сприяє пришвидшенню строків росту та розвитку сільськогосподарських культур та призводить до їх більш швидкого дозрівання. Зокрема, у 2024 р. наприкінці серпня (на два тижні раніше звичайних строків) розпочали збирання врожаю кукурудзи, вологість зерна якої сягала 14-25%, залежно від групи стиглості гібридів. Протилежну ситуацію спостерігали у 2025 році, коли у вересні майже щодня випадали опади у вигляді короточасних дощів й утримувалася прохолодна та волога погода. Це значно уповільнювало дозрівання і втрату вологості зерна кукурудзи та призвело до перенесення строків молотби на жовтень-листопад.

У 2023-2025 рр. проводилися обліки на дослідних ділянках кукурудзи за різних норм мінерального живлення та із внесенням біопрепаратів. У результаті проведених вимірювань виявлено різницю між варіантами досліду із внесенням запланованих норм мінеральних добрив, а також варіантами із обприскуванням азотфіксатором у фазу 5-6 листків культури. За застосування лише підживлення рослин кукурудзи мінеральними добривами, залежно від норм їх внесення, відмічено збільшення кількості умовних одиниць хлорофілу у листках кукурудзи на 1,6-7,3%, порівняно із контролем (без добрив) (табл. 3). Разом з тим, додавання біопрепарату призводило до підвищення вмісту хлорофілу у листках кукурудзи на 2,8-5,5%, порівняно із контролем (без добрив + азотфіксатор).

Таблиця 3

Вплив мінеральних добрив та азотфіксатору на потребу рослин кукурудзи в живленні азотом, 2023-2025 р.

Варіант	Показник N Тестера (середні значення)				
	I	II	III	IV	Середнє
Без добрив	722,7	706,7	718,0	723,0	717,6
Без добрив + азотфіксатор	750,0	728,0	751,7	763,3	748,3
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	725,3	719,3	732,3	740,3	729,3
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅ + азотфіксатор	771,3	786,3	758,0	762,7	769,6
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	728,0	740,7	751,3	712,3	733,1
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀ + азотфіксатор	761,7	776,7	802,0	754,7	773,8
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	756,0	750,3	764,7	757,7	757,2
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀ + азотфіксатор	787,3	776,3	795,0	774,7	783,3
N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	764,3	791,0	753,3	772,0	770,2
N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ +	775,7	795,0	779,0	808,7	789,6

НІР₀₅

Фактор А (мінеральне живлення)	14,41
Фактор В (азотфіксатор)	9,11
Взаємодія факторів АВ	20,38

Застосування азотфіксатору істотно впливало на кількість хлорофілу в листках рослин кукурудзи. Так, при порівнянні варіантів із однаковою нормою внесених мінеральних добрив, за обприскування культури азотфіксатором відмічали в рослинах у середньому на 2,5-5,5% вищу кількість хлорофілу, порівняно з необробленими ділянками. Це вказує на те, що використання цього біопрепарату достовірно покращує забезпеченість рослин культури азотним живленням. Встановлено позитивний вплив застосування азотфіксатора в технології вирощування кукурудзи на покращення засвоювання азоту. Одержано тісну позитивну кореляцію між нормами застосування азоту з мінеральними добривами та кількістю хлорофілу в листках рослин кукурудзи ($r=0,85$).

Погодні умови років досліджень істотно впливали на строки збирання урожаю зерна кукурудзи. Зокрема у 2023 р. молотьбу дослідних ділянок було проведено в середині вересня, у 2024 р. – у кінці серпня, у 2025 р. – у середині жовтня. Більш інтенсивний ріст та розвиток рослин культури за рахунок забезпечення елементами мінерального живлення, зокрема азоту, сприяв формуванню вищої продуктивності посіву. Так, у варіантах із внесенням мінеральних добрив урожайність зерна перевищувала показник контролю на 1,65-2,63 т/га або 15,6-24,9% (табл. 4).

Таблиця 4

Продуктивність кукурудзи, залежно від норм мінерального живлення та дії препарату Блу N, 2023-2025 р.

Варіант	Урожайність зерна за 14% вологості, т/га					Вологість зерна при збиранні, %				
	I	II	III	IV	середнє	I	II	III	IV	середнє
Без добрив	10,61	10,54	10,67	10,44	10,57	20,7	20,3	21,1	20,7	20,7
Без добрив + азотфіксатор	11,25	11,42	11,30	11,47	11,36	20,8	19,9	19,8	19,7	20,0
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	12,08	12,37	12,23	12,16	12,21	19,6	20,9	21,1	20,9	20,7
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅ + азотфіксатор	12,73	13,05	13,07	12,82	12,92	20,4	20,3	20,8	20,6	20,5
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	12,86	12,54	12,56	12,68	12,66	19,9	20,4	20,5	20,1	20,2
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀ + азотфіксатор	13,36	13,30	13,13	13,03	13,21	20,5	20,3	20,3	20,8	20,5
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	12,83	12,60	13,05	13,00	12,87	19,7	20,1	20,3	20,5	20,1
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀ + азотфіксатор	13,48	13,67	13,56	13,57	13,57	20,6	20,7	19,9	19,8	20,2
N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	13,30	13,02	13,32	13,14	13,20	21,9	20,6	21,0	21,1	21,2
N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ + азотфіксатор	14,33	14,02	13,95	13,69	14,00	21,2	20,7	21,1	21,8	21,2

НІР₀₅

Фактор А (мінеральне живлення) 0,23 0,65

Фактор В (азотфіксатор) 0,16 0,46

Взаємодія факторів АВ 0,10 0,29

Поєднання мінеральних добрив із позакореневим внесенням азотфіксатора забезпечувало інтенсивний ріст та розвиток рослин культури та, відповідно, їх високу продуктивність. Так, у цих варіантах одержано урожайність зерна кукурудзи на 1,55-2,64 т/га або 13,7-23,2% вищу, порівняно з відповідним контролем. Найбільший середній показник урожайності зерна, яка сягала 14,0 т/га, забезпечив варіант

$N_{150}P_{120}K_{120}$ + азотфіксатор. При цьому одержано більшу урожайність зерна кукурудзи в середньому на 5,8% або 0,71 т/га, порівняно з варіантами без позакореневого внесення біопрепарату. При порівнянні норм внесення азоту із урожайністю культури встановлено тісну прямо пропорційну кореляційну залежність ($r=0,95$).

Провівши математичний аналіз одержаних показників, встановлено, що на урожайність зерна найбільше впливав фактор підживлення мінеральними добривами (85,1%), частка впливу азотфіксатора на цей показник складала 12,8%, взаємодії цих факторів – 2,0% (рис. 1).

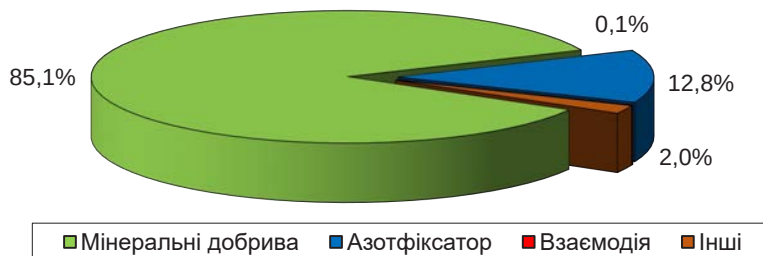


Рис 1. Вплив факторів на урожайність зерна, 2023-2025 рр.

Тоді як частка впливу на вологість зерна фактору мінеральні добрива сягала 42,2%, азотфіксатора – лише 1,7%, взаємодії цих факторів – 0,5%, інших факторів – 55,6% (рис. 2).

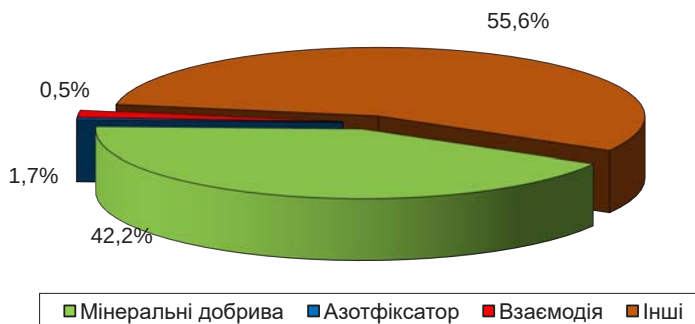


Рис 2. Вплив факторів на вологість зерна, 2023-2025 рр.

За сучасних умов зміни клімату, подорожчання мінеральних добрив, застосування азотфіксаторів сприяє підвищенню вмісту хлорофілу в листовому апараті, збільшенню ефективності фотосинтезу та продуктивності посіву культури. Таким чином, вивчення можливості та доцільності поєднання застосування мінеральних добрив з сучасними біологічними препаратами в системі підживлення кукурудзи, а також інших сільськогосподарських культур є актуальним та перспективним завданням для наступних досліджень.

Висновки. Використання біопрепарату у системі удобрення кукурудзи у поєднанні з мінеральними добривами позитивно впливає на такий показник як кількість

хлорофілу в листовому апараті рослин кукурудзи. У варіантах із обприскуванням азотфіксатором відмічали у середньому на 2,5-5,5% вищу забезпеченість азотом рослин культури, залежно від норм внесення мінеральних добрив, у порівнянні з необробленими рослинами.

Встановлено позитивний вплив застосування азотфіксатора в технології вирощування кукурудзи на покращення засвоєння азоту. Одержано тісну позитивну кореляцію між нормами застосування азоту з мінеральними добривами та кількістю хлорофілу в листках рослин кукурудзи ($r=0,85$).

У 2023-2025 рр. у варіантах із внесенням лише мінеральних добрив урожайність зерна перевищувала показник контролю у середньому на 1,65-2,63 т/га або 15,6-24,9%. При порівнянні норм внесеного азоту із урожайністю культури встановлено тісну прямо пропорційну кореляційну залежність ($r=0,95$).

Варіанти із застосуванням мінеральних добрив у поєднанні з позакореневим внесенням азотфіксатора забезпечували інтенсивний ріст та розвиток рослин культури, які показали високу продуктивність. Так, у цих варіантах одержано урожайність зерна кукурудзи в середньому на 1,55-2,64 т/га або 13,7-23,2% вищу, порівняно з відповідним контролем. При цьому в середньому на 5,8% або 0,71 т/га одержано вищу урожайність зерна кукурудзи, порівняно з варіантами без внесення біопрепарату.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Tanklevska N., Petrenko V., Karnaushenko A., Melnykova K. World corn market: analysis, trends and prospects of its deep processing. *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal*. 2020. Vol. 6. P. 96-111. doi: 10.22004/ag.econ.305555.
2. Каменщук Б. Д. Шляхи підвищення ефективності вирощування кукурудзи на зерно. *Корми і кормовиробництво*. 2020. № 89. С. 85-92. doi: 10.31073/kormovyrobnytstvo202089-08.
3. Говенько Р. В. Вплив технологічних прийомів вирощування на формування елементів структури врожаю гібридів кукурудзи. *Агробіологія*. 2022. №2. С. 68-78. doi: 10.33245/2310-9270-2022-174-2-68-78.
4. Сидякіна О. В., Іванів М. О. Вплив фону мінерального живлення та стимулятора росту Зеастимулін на продуктивність зерна кукурудзи в умовах зрошення півдня України. Інтеграція освіти, науки та бізнесу в сучасному середовищі: зимові диспути : тези доп. І Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції. Дніпро, 6-7 лютого 2020 р. 2020. Т. 3. С. 177-183. <http://hdl.handle.net/123456789/3293>.
5. Асанішвілі Н. М. Оптимізація мінерального живлення гібридів кукурудзи на основі рослинної діагностики. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2020. Т.11. №3. С. 22-32. https://agriculturalscience.com.ua/web/uploads/journals_pdf/Plant_2020_3.pdf.
6. Циліорик О. І., Тищенко В. О. Вплив густоти стояння рослин та рівня мінерального живлення на уміст хлорофілу в листках кукурудзи. *Аграрні інновації*. 2024. № 27. С. 133-139. doi: 10.32782/2226-0099.2024.137.38.
7. Томашук О. В., Каменщук Б. Д. Фотосинтетична продуктивність посівів кукурудзи під впливом різних систем землеробства в умовах Лісостепу Правобережного. *Таврійський науковий вісник*. 2018. № 100. Том. 2. Р. 91–97. <https://dspace.ksaeu.kherson.ua/bitstream/handle/123456789/2505/15.pdf>.
8. Ткаліч Ю. І., Циліорик О. І., Козечко В. І. Оптимізація застосування мікро-добрив та регуляторів росту рослин у посівах кукурудзи Північного Степу України. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. Дніпро: Свідлер А. Л., 2017. № 4 (46). С. 20-25. <https://dspace.dsau.dp.ua/bitstream/123456789/355/1/20.pdf>.

9. Дудка М. І., Якунін О. П., Пустовий С. І. Вплив позакореневого підживлення на формування зернової продуктивності кукурудзи за вирощування її після соняшнику. Таврійський науковий вісник. Серія сільськогосподарські науки. 2020. №115. С. 42-48. doi: 10.32851/2226-0099.2020.115.6.
10. Sobiech Ł., Grzanka M., Idziak R., Blecharczyk A. The Effect of Post-Emergence Application of Biostimulants and Soil Amendments in Maize Cultivation on the Growth and Yield of Plants. *Plants (Basel)*. 2025. Vol. 14. No 9. P. 1-15. doi: 10.3390/plants14091274.
11. Ardanov P., Sessitsch A., Häggman H., Kozyrovska N., Pirttilä A. M. *Methylobacterium*-induced endophyte community changes correspond with protection of plants against pathogen attack. *PLoS One*. 2012. Vol. 7. No 10. P. 1-8. doi: 10.1371/journal.pone.0046802.
12. Pankiewicz V. C. S., Irving T. B., Maia L. G. S. et al. Are we there yet? The long walk towards the development of efficient symbiotic associations between nitrogen-fixing bacteria and non-leguminous crops. *BMC Biol*. 2019. Vol. 16. No 99. P. 1-17. doi: 10.1186/s12915-019-0710-0.
13. Grossi C. E. M., Ulloa R. M., Sahin N., Tani A. *Methylobacterium* as a key symbiont in plant-microbe interactions: Its ecological and agricultural significance. *Plant Biotechnol.* (Tokyo). 2025. Vol. 42, Issue 3. P. 1-23. doi: 10.5511/plantbiotechnology.25.0309a.
14. Halbleib C. M., Ludden P. W. Regulation of Biological Nitrogen Fixation. *The Journal of Nutrition*. 2000. Vol. 130, Issue 5. P. 1081-1084. doi: 10.1093/jn/130.5.1081.
15. Волгогон В. В., Москаленко А. М., Дімова С. Б., Волгогон К. І., Пиріг О. В., Сидоренко В. П. Мікробні препарати в технологіях вирощування сільськогосподарських культур як чинник регулювання активності процесу денітрифікації. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2019. № 29. С. 3-11. doi: 10.35868/1997-3004.29.3-11.
16. Francioli D., Kampouris I. D., Kuhl-Nagel T., Babin D., Sommermann L., Behr J. H., Chowdhury S. P., Zrenner R., Moradtalab N., Schlöter M., Geistlinger J., Ludewig U., Neumann G., Smalla K., Grosch R. Microbial inoculants modulate the rhizosphere microbiome, alleviate plant stress responses, and enhance maize growth at field scale. *Genome Biol*. 2025. Vol. 26. No 148. P. 1-29. doi: 10.1186/s13059-025-03621-7.
17. Barbosa J. Z., Roberto L. de A., Hungria M., Corrêa R. S., Magri E., Correia T. D. Meta-analysis of maize responses to *Azospirillum brasilense* inoculation in Brazil: Benefits and lessons to improve inoculation efficiency. *Applied Soil Ecology*. 2022. Vol. 170. P. 1-10. doi: 10.1016/j.apsoil.2021.104276.
18. Torres Vera R., Bernabé García A. J., Carmona Álvarez F. J. et al. (2024). Application and effectiveness of *Methylobacterium symbioticum* as a biological inoculant in maize and strawberry crops. *Folia Microbiol.* Vol. 69. 121-131. doi: 10.1007/s12223-023-01078-4.
19. Rodrigues M. Â., Correia C. M., Arrobas M. The Application of a Foliar Spray Containing *Methylobacterium symbioticum* Had a Limited Effect on Crop Yield and Nitrogen Recovery in Field and Pot-Grown Maize. *Plants*. 2024. Vol. 13. No 20. P. 1-15. doi: 10.3390/plants13202909.
20. Bolla P.K., Panozzo A., Minozzi E., Valente F., Potestio S., Visioli G., Martinez-Sañudo I., Vamerali T. Effects of foliar-sprayed bio-fertilizer with N-fixing *Methylobacterium symbioticum* on morpho-physiological traits of maize under varying N fertilization rates. *Front Plant Science*. 2025. Vol. 16. P. 1-20. doi: 10.3389/fpls.2025.1661290.
21. Zapalowska A., Jarecki W. The Impact of Using Different Types of Compost on the Growth and Yield of Corn. *Sustainability*. 2024. Vol. 16. No 2. P. 1-18. doi: 10.3390/su16020511.
22. Лісовал А. П. Методи агрохімічних досліджень. К.: Вид-во НАУ, 2001. 247 с.

23. Трибель С. О., Сігарьова Д. Д., Секун М. П., Івашенко О. О. та ін. Методики випробування і застосування пестицидів. Київ: Світ, 2001. 448 с.
24. Ушкаренко В. О., Вожегова Р. А. Методика польового досліджу: навчальний посібник. Одеса: Олді Плюс+, 2024. 448 с. <https://oldiplus.ua/metodika-polovogo-doslidu-zroshuvane-zemlerobstvo/>.
25. Ушкаренко В. О., Нікіщенко В. Л., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Дисперсійний і кореляційний аналіз у землеробстві та рослинництві: навчальний посібник. Херсон: Айлант, 2008. 272 с.
26. Рожков А. О., Пузік В. К., Каленська С. М., Пузік Л. М., Попов С. І., Музафаров Н. М., Бухало В. Я., Криштоп Є. А. Дослідна справа в агрономії: навчальний посібник: Статистична обробка результатів агрономічних досліджень. Книга 2. Харків: Майдан, 2016. 342 с. <https://repo.btu.kharkiv.ua/bitstreams/beffa575-04f0-4397-a357-06daed2570f8/download>.
27. Meladze M., Meladze G. Climate change: A trend of increasingly frequent droughts in Kakheti Region (East Georgia). *Annals of Agrarian Science*. 2017, Vol. 15 No 1. P. 96-102. doi: 10.1016/j.aasci.2017.02.011.
28. Stoyanova A., Georgiev M. Hydrothermic coefficients of common wheat. *Proceedings of Conference «Genetica, fiziologia și ameliorarea plantelor»*. Ediția a VI-a, Chișinău, Moldova. October 23-24. 2017. P. 87-90. https://ibn.idsi.md/vizualizare_articol/90109.
29. Francis D. D., Schepers J. S., Vigil M. F. Assessing Crop Nitrogen Needs with Chlorophyll Meters. *Proceedings of the Twenty-First North Central Extension – Industry Soil Fertility Conference* (November 13-14, 1991, Holiday Inn St. Louis Airport Bridgeton, Missouri). 1991, Vol. 7. P. 13-20. <https://northcentralfertility.com/proceedings/?action=download&item=3555>.
30. Сухина А. N-тестер – очі агронома. *Пропозиція*. 2023 <https://propozitsiya.com.ua/n-tester-ochi-agronoma>.

Дата першого надходження статті до видання: 07.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 633.15:632.981:632.51:631.67

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.1.22>

ДИНАМІКА ВИДОВОГО СКЛАДУ СЕГЕТАЛЬНИХ РОСЛИН В БЕЗЗМІННИХ ПОСІВАХ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ЗА РІЗНИХ ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ ПРИ ЗРОШЕННІ

Донець А.О. – к.с.-г.н.,

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства

Національної академії аграрних наук України

orcid.org/0009-0004-0338-5302

Марченко Т.Ю. – д.с.-г.н., професор

завідувач відділу селекції сільськогосподарських культур,

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства

Національної академії аграрних наук України

orcid.org/0000-0001-6994-3443

Пілярська О.О. – к.с.-г.н.,

старший дослідник,

завідувач відділу маркетингу та міжнародної діяльності,

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства

Національної академії аграрних наук України

orcid.org/0000-0001-8649-0618

Міщенко С.В. – д.с.-г.н.,

доцент кафедри біології, здоров'я людини та методики навчання,

Глухівський національний педагогічний університет імені Олександра Довженка,

головний науковий співробітник відділу селекції і насінництва конопель,

Інститут луб'яних культур Національної академії аграрних наук України

orcid.org/0000-0002-1979-4002

Лавриненко Ю.О. – д.с.-г.н., професор, академік НААН,

головний науковий співробітник відділу селекції сільськогосподарських культур,

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства

Національної академії аграрних наук України

orcid.org/0000-0001-9442-8793

У статті викладено результати досліджень ступеня забур'яненості гібридів кукурудзи різних груп ФАО за беззмінних посівів протягом п'яти років. Метою досліджень було ідентифікувати процеси трансформації видового складу бур'янів за п'ятирічного беззмінного посіву кукурудзи в умовах зрошення, встановити ефективність фітотоксичної дії гербіцидів та їх вплив на урожайність зерна гібридів кукурудзи різних груп ФАО в умовах краплинного зрошення. Польові досліді проводили в Інституті кліматично орієнтованого сільського господарства НААН в агроекологічній зоні Південного Степу України. Забур'яненість посівів визначали кількісним методом, шляхом накладання облікової рамки розміром 70 x 70 см в міжряддя в десятиразовому повторенні. Розрахунки технічної ефективності гербіцидів проводили за методикою С.О. Трибеля зі співавторами та Є.М. Лебідь зі співавторами. За результатами досліджень було встановлено, що за беззмінних посівів кукурудзи найбільша урожайність зерна була засвідчена при застосуванні комплексної дії ґрунтового та страхового гербіциду. Урожайності зерна у скоростиглих гібридів була найвищою як на початку п'ятирічного терміну (12,20 т/га), так і на останньому



дворіччі – 12,08 т/га. У пізньостиглих гібридів максимальна урожайність зерна була зафіксована на першому дворіччі – 14,55 т/га. На останньому дворіччі п'ятирічного терміну беззмінних посівів урожайність зерна пізньостиглих гібридів знизилась на 0,91 т/га і становила 13,60 т/га. Комплексне використання ґрунтового (Фронт'єр® Оптіма) та страхового гербіциду (МайсТер® Пауер) показало найбільший ефект боротьби з сегетальною рослинністю та сприяло формуванню найбільшої урожайності зерна як на перших роках беззмінних посівів, так і на заключних дворічних термінах. Конкурентна боротьба сегетальної рослинності з гібридами кукурудзи призводить до вагомих втрат урожайності зерна. Гібриди кукурудзи з ФАО 190-250 втрачають 4,07 т/га урожайності зерна на перших двох роках беззмінних посівів за рахунок забур'яненості фітоценозу. Гібриди кукурудзи з ФАО 380-430 втрачають 5,43 т/га урожайності зерна на перших двох роках беззмінних посівів за рахунок забур'яненості фітоценозу. На останньому дворіччі п'ятирічного терміну беззмінних посівів гібриди кукурудзи з ФАО 190-250 втрачають 4,43 т/га урожайності зерна за рахунок забур'яненості фітоценозу. Гібриди кукурудзи з ФАО 380-430 втрачають 6,26 т/га урожайності зерна на останніх двох роках беззмінних посівів за рахунок забур'яненості фітоценозу. Завдяки оптимізації фітотоксичної дії гербіцидів і фітоценотичної резистентності бур'янів досягнута можливість контролювання 96–97 % всього різновиду бур'янів. Для підтримання високого рівня фітосанітарної безпеки в системі контролювання бур'янів найбільш ефективним слід вважати застосування гербіцидів з широким фітотоксичним спектром проти найбільш шкочодючих бур'янів.

Ключові слова: кукурудза, сегетальна рослинність, гібриди, гербіциди, захист рослин, урожайність, зерно.

Donets A.O., Marchenko T.Yu., Piliarska O.O., Mishchenko S.V., Lavrynenko Y.O.
Dynamics of the species composition of segetal plants in permanent crops of maize hybrids under different means of protection during irrigation

The article presents the results of studies of the degree of weed infestation of maize hybrids of different FAO groups under permanent crops for five years. The aim of the research was to identify the processes of transformation of the species composition of weeds during a five-year permanent crop of maize under irrigation conditions, to establish the effectiveness of the phytotoxic action of herbicides and their effect on the grain yield of maize hybrids of different FAO groups under drip irrigation conditions. Field experiments were conducted at the Institute of Climate-Oriented Agriculture of the National Academy of Sciences of Ukraine in the agroecological zone of the Southern Steppe of Ukraine. Weed infestation of crops was determined quantitatively by imposing a 70 x 70 cm accounting frame in the row spacing in ten repetitions. Calculations of the technical efficiency of herbicides were carried out according to the method of S.O. Trybel and co-authors and E.M. Lebid and co-authors. According to the results of the research, it was found that in permanent maize crops, the highest grain yield was observed when using the complex action of soil and insurance herbicides. Grain yields in early-ripening hybrids were the highest both at the beginning of the five-year period (12.20 t/ha) and in the last two years – 12.08 t/ha. In late-ripening hybrids, the maximum grain yield was recorded in the first two years – 14.55 t/ha. In the last two years of the five-year period of permanent crops, the grain yield of late-ripening hybrids decreased by 0.91 t/ha and amounted to 13.60 t/ha. The integrated use of soil (Frontier® Optima) and insurance herbicide (MaizeTer® Power) showed the greatest effect in combating segetal vegetation and contributed to the formation of the highest grain yield both in the first years of permanent crops and in the final two-year terms. The competitive struggle of segetal vegetation with corn hybrids leads to significant losses in grain yield. Maize hybrids with FAO 190-250 lose 4.07 t/ha of grain yield in the first two years of permanent crops due to weediness of the phytocenosis. Maize hybrids with FAO 380-430 lose 5.43 t/ha of grain yield in the first two years of permanent crops due to weediness of the phytocenosis. In the last two years of a five-year period of constant crops, maize hybrids with FAO 190-250 lose 4.43 t/ha of grain yield due to weed infestation. Maize hybrids with FAO 380-430 lose 6.26 t/ha of grain yield in the last two years of constant crops due to weed infestation. Due to optimization of phytotoxic action of herbicides and phytocenotic resistance of weeds, it is possible to control 96–97% of all types of weeds. To maintain a high level of phytosanitary safety in the weed control system, the most effective should be considered the use of herbicides with a broad phytotoxic spectrum against the most harmful weeds.

Key words: maize, segetal vegetation, hybrids, herbicides, plant protection, yield, grain.

Актуальність теми дослідження. Кукурудза є провідною зерновою культурою в Україні і для забезпечення її високої продуктивності необхідне оптимальне поєднання біологічного потенціалу гібридів і сучасних елементів технології вирощування. Одним із важливих елементів технології, що визначає розкриття потенціалу продуктивності генотипів, є система захисту посівів від бур'янових синузій. На фоні зростаючих кліматичних ризиків та посилення потреб у ресурсозберігаючому виробництві виникає необхідність в удосконаленні агротехнічних заходів, що забезпечують ефективну реалізацію захисту посівів від комплексу сегетальних рослин.

Постановка проблеми. Сучасне аграрне виробництво потребує розробки і здійснення для орних земель системи комплексних заходів для зниження рівня засміченості ґрунту насінням та органами вегетативного розмноження бур'янів. Рівень потенційної засміченості орних земель насінням і органами вегетативного розмноження бур'янів (0–30 см) в степовій ґрунтово-кліматичній зоні дуже високий і становить понад 114 тис. шт. на 1 м² [1].

Високий ступінь забур'яненості агроєкосистем становить значну загрозу для отримання високих врожаїв агрокультур, тому проблема боротьби з бур'янами є однією з найактуальніших у степовому землеробстві. Встановлено, що основною причиною негативного впливу бур'янів є забур'яненість ґрунтів, яка досягає 452 млн насінин на гектар на землях, що активно використовуються в землеробстві. В агроєкосистемах вирішальним фактором ефективного регулювання насіннєвого банку бур'янів є стійкість фітоценозу та заходи щодо знешкодження генеративної продуктивності бур'янів [2].

Особливу увагу необхідно приділяти видам бур'янів з низкою специфічних пристосувань (експлеренти), що дають можливість їм успішно бути наявними на конкретній території, навіть за умов повної загибелі їх рослин у певний період. Одним з таких пристосувань є їх здатність мати високу насіннєву продуктивність і формувати на одній рослині різне насіння та плоди (гетероспермія і гетерокарпія). Здатність до гетероспермії забезпечує потомству рослин певного ботанічного виду можливість проявляти різну стратегію збереження життєздатності і часу проростання насіння, тобто продовження здатності зберігати наявність виду на конкретній території [3].

Науковцями Інституту фізіології рослин і генетики НАН України було доведено, що дедалі більшого поширення набувають популяції бур'янів, що резистентні до гербіцидів. Найпоширенішими є біотики резистентні до ацетолактатсинтази (АЛС), що входить до більшості сучасних гербіцидів таких класів, як сульфонілсечовини, імідазолінони, піримідиніл-бензоати тощо. Причиною виникнення цільової резистентності є мутації гена, що кодує АЛС, які призводять до заміни амінокислот. Вже виявлено 498 біотипів бур'янів, що резистентні до гербіцидів і перелік їх поширюється, що значно ускладнює тривалу ефективну боротьбу з сегетальною рослинністю [4].

Технологічні властивості гербіцидів суттєво посилюються, якщо вони будуть краще пристосовані для внесення по пожнивних рештках та матимуть збалансовану комбіновану препаративну форму, в якій поєднані властивості ґрунтових і страхових гербіцидів [5].

До системних факторів ефективного регулювання потенційної забур'яненості належать фітоценотична стійкість посівів, способи основного обробітку ґрунту та заходи щодо пестицидного попередження генеративної продуктивності бур'янів. Встановлено, що при ступені забур'яненості посівів в кількості 14–26 шт./м², яка

утримувалася до настання фази молочно-воскового стану, зменшення органічної вегетативної маси кукурудзи на зерно становило 55,1%, порівняно з без конкурентними посівами з відсутніми бур'янами [6].

Оптимізовані параметри використання гербіцидів дозволили забезпечити зростання урожайності зерна кукурудзи до 9,66–10,16 т/га, при технічній ефективності гербіцидів 92,7–95,8 % [7].

Бур'яни внаслідок блискавичної мікроеволюційної, перебудови адаптивних механізмів завжди випереджають фітотоксичну дію гербіцидів, тому актуальною залишається проблема комплексного застосування агротехнічних і хімічних методів. Не всі гербіциди відповідають номінальним фітотоксичним характеристикам, тому необхідно регулярно проводити польові випробування їх ефективності. Гербіциди, що мають технічну ефективність менше 80%, не виправдовують себе в екологічному і господарському відношенні. Тенденція до розширення обсягів застосування комбінованих гербіцидів може стати додатковим поштовхом для підвищення резистентності бур'янів до діючої речовини пестицидів. Запропоновано для запобігання виникнення у бур'янових рослин мікроеволюційного імунітету до гербіцидів через кожні 10 років змінювати фітотоксичну концепцію на основі нових механізмів пригнічення бур'янів [8].

У міру стрімкого зростання виробництва кукурудзи у всьому Світі виникає багато запитань щодо її безперервного вирощування (continuous maize cultivation), локального впливу на навколишнє середовище такої технології. Науковцями розроблені інноваційні системи землеробства та оцінені за допомогою системних експериментів задля забезпечення стійкості орних земель, однак досі не вистачає знань про стійкість інноваційних систем землеробства порівняно з високо-інтенсивними системами, такими як тривале в часі беззмінне вирощування кукурудзи [9].

Зростання попиту на зерно кукурудзи в Світі призвело до масового переходу фермерів Таїланду до беззмінних посівів. Дослідженнями доведено хиткий характер поширення беззмінних посівів, що супроводжується втратою родючості ґрунту, падінням урожайності, збільшенням пестицидного навантаження [10].

Беззмінне вирощування кукурудзи призводить до ґрунтової і пов'язаного з нею зниження врожаїв культури, збільшення чисельності хвороб, шкідників і бур'янів. Їх негативна дія ослаблюється застосуванням підвищених норм мінеральних добрив та збільшення кількості застосування засобів контролю хвороб, шкідників і бур'янів [11, 12].

За результатами проведених досліджень з беззмінного вирощування кукурудзи на зерно на чорноземі типовому в умовах Лівобережного Лісостепу України було встановлено неоднаковий вплив антропогенних і природних факторів на рівень її врожайності та родючість ґрунту. Показано, що урожайність цієї культури більшою мірою залежить від погодних умов і меншою – від тривалості вирощування на одному місці [13].

Встановлено, що вирощування резистентних гібридів кукурудзи в беззмінних посівах є найбільш радикальним і економічно ефективним методом боротьби з фузаріозними хворобами, тому виробництво зацікавлене в використанні більш стійких генотипів до ураження шкідниками та хворобами [14, 15].

В Україні за умов зрошуваного землеробства також виникає необхідність наукового обґрунтування господарської та ґрунтозахисної оцінки використання беззмінних посівів кукурудзи у зв'язку з високою рентабельністю виробництва та поширенням насичення її в сівоzmінах. Аграрне виробництво зацікавлене в освоєнні агротехнології беззмінних посівів кукурудзи протягом тривалого терміну. Подані

дослідження були виконані за державним завданням ПНД НААН 05.00.01.03.Ф Теоретичне обґрунтування технологій вирощування кукурудзи в повторних та беззмінних посівах на зрошенні, № держреєстрації 0121U108070.

Метою досліджень було ідентифікувати процеси трансформації видового складу бур'янів за п'ятирічного беззмінного посіву кукурудзи в умовах зрошення, встановити ефективність фітотоксичної дії гербіцидів та їх вплив на урожайність зерна гібридів кукурудзи різних груп ФАО.

Методика досліджень. Польові дослідження проведені в Інституті кліматично орієнтованого сільського господарства НААН (2021–2025 рр., м. Херсон, 46°38'24" пн. ш. 32°36'52" сх. д.). В дослідженнях використовували інноваційні гібриди української селекції, що занесені до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні: Степовий (ФАО 190), Хотин (ФАО 250), Тронка (ФАО 380), Арабат (ФАО 430). Дослідження проводились за краплинного поверхневого зрошення з рівнем передполивної вологості ґрунту в шарі 0–50 см 75% НВ.

Польові досліди закладали, проводили статистичну обробку у відповідності з загальноприйнятими в агрономічних дослідженнях методичними рекомендаціями Ушкаренка В. О. зі співавторами [16, 17].

Забур'яненість посівів визначали кількісним методом, шляхом накладання облікової рамки розміром 70 x 70 см в міжряддя в десятиразовому повторенні. Розрахунки технічної ефективності гербіцидів проводили за методикою С. О. Трибеля зі співавторами [18] та Є.М.Лебідь зі співавторами, 2008 [19].

Економічні пороги шкодочинності бур'янів та визначення ступеня забур'яненості посівів аналізували за Методичними рекомендаціями Р. Вожегової, С. Зайця, О. Рудіка зі співавторами [20].

Використовували гербіциди: Фронт'єр® Оптіма – діюча речовина – диметенамід-П. Dimethenamid-P; МайсТер® Пауер – діюча речовина: форамсульфурон, йодоссульфурон, тіенкарбазон-метил, ципросульфамід [21].

Технологія вирощування кукурудзи була загальновизнана, крім варіантів, що вивчалися [22].

Результати досліджень. За результатами досліджень встановлено, що кількість сегетальних рослин на початкових двох роках беззмінних посівів кукурудзи (2021–2022 рр.) без застосування гербіцидів у фазу розвитку ВВСН 83-87 знаходилась в межах середнього ступеня забур'яненості – до 50 бур'янів на 1 м² (табл. 1).

За перші два роки беззмінних посівів (2021–2022 рр.) забур'яненість на гібридах з ФАО 190-250 без застосування гербіцидів становила 24,4 штук на 1 м². На гібридах з ФАО 380-430 кількість бур'янів була дещо більшою (28,9 штук на 1 м²), що може бути результатом більшої тривалості вегетації пізньостиглих генотипів. У гібридів з ФАО 380-430 тривалість вегетації подовжена на 15–20 діб і за цей термін, за достатнього зволоження верхнього шару ґрунту краплинним поверхневим зрошенням, провокуються сходи ґрунтових запасів насіння бур'янів.

Таблиця 1

Кількість сегетальної рослинності на посівах кукурудзи різних груп ФАО за беззмінних посівів (середнє за роками) залежно від системи захисту від бур'янів в передзбиральний термін (ВВСН 83-87)

Види сегетальних рослин	Роки беззмінних посівів	Кількість рослин на 1 м ² за засобів захисту							
		Контроль, без захисту		Фронт'єр® Оптіма		МайсТер® Пауер		Фронт'єр + МайсТер® Пауер	
		ФАО 190-250	ФАО 380-430	ФАО 190-250	ФАО 380-430	ФАО 190-250	ФАО 380-430	ФАО 190-250	ФАО 380-430
Кучерявець Софії (<i>Descurainia sophia</i> L.)	2021-2022	2,5	3,2	0,3	0,4	0,1	0,1	0,0	0,0
	2024-2025	12,4	13,8	0,4	0,5	0,2	0,3	0,0	0,0
Лобода біла (<i>Chenopodium album</i> L.)	2021-2022	3,2	4,3	0,3	0,4	0,2	0,2	0,1	0,1
	2024-2025	7,4	10,5	0,7	0,6	0,3	0,3	0,2	0,2
Березка польова (<i>Convolvulus arvensis</i> L.)	2021-2022	3,4	4,2	0,3	0,4	0,1	0,2	0,1	0,1
	2024-2025	7,3	9,2	0,4	0,5	0,3	0,4	0,1	0,1
Молокан татарський (<i>Lactuca tatarica</i> (L.)),	2021-2022	0,3	0,4	0,2	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0
	2024-2025	1,1	1,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,0	0,0
Осот рожевий (<i>Cirsium arvense</i> L.)	2021-2022	0,8	1,0	0,4	0,4	0,2	0,2	0,1	0,1
	2024-2025	2,1	2,7	0,7	0,6	0,3	0,4	0,2	0,2
Осот жовтий польовий (<i>Sonchus arvensis</i> L.)	2021-2022	0,3	0,5	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0
	2024-2025	1,4	1,6	0,4	0,5	0,3	0,3	0,1	0,1
Злінка канадська (<i>Erigeron canadensis</i> L.)	2021-2022	0,4	0,4	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0
	2024-2025	2,4	2,6	0,2	0,2	0,3	0,3	0,0	0,0
Плоскуха звичайна (<i>Echinochloa crus-galli</i> L.)	2021-2022	3,4	4,0	1,0	1,1	0,6	0,6	0,1	0,1
	2024-2025	6,7	7,4	1,6	1,7	0,7	0,8	0,3	0,3
Щириця звичайна (<i>Amaranthus retroflexus</i> L.)	2021-2022	8,3	8,9	0,3	0,4	0,4	0,5	0,1	0,1
	2024-2025	15,4	17,6	0,6	0,7	0,6	0,7	0,2	0,3
Амброзія попинолиста (<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.)	2021-2022	1,2	1,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1
	2024-2025	2,5	3,0	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2
Чорнощир нетреболистий <i>Cyclachaena xanthifolia</i> Fres.	2021-2022	0,6	0,8	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0
	2024-2025	1,5	1,6	0,1	0,1	0,2	0,2	0,0	0,0
Загальна кількість бур'янів за роками	2021-2022	24,4	28,9	2,9	3,4	2,3	2,5	0,6	0,6
	2024-2025	60,2	71,3	5,6	6,0	3,7	4,2	1,3	1,4

В останні два роки беззмінних п'ятирічних посівів кукурудзи (2024–2025 рр.) забур'яненість посівів різко зросла і, згідно шкали ступеня забур'яненості [20], була «сильною». У скоростиглих гібридів сегетальних рослин становила 60,2 шт./ 1 м². У пізньостиглих гібридів забур'яненість зросла до 71,3 шт./ 1 м².

Застосування ґрунтового гербіциду Фронт'єр® Оптіма дозволило суттєво зменшити забур'яненість на першому дворіччі до 2,9 шт./ 1 м² на ранніх гібридах і до 3,4 шт./ 1 м² на пізньостиглих. На завершальному дворіччі беззмінних посівів забур'яненість збільшилась до 5,6 шт./ 1 м² на ранніх гібридах і до 6,0 шт./ 1 м² на пізніх гібридах.

Страховий гербіцид МайсТер® Пауер показав більшу ефективність. Забур'яненість на першому дворіччі беззмінних посівів становила 2,3 шт./ 1 м² на ранніх гібридах і 2,5 шт./ 1 м² на пізньостиглих. На завершальному дворіччі беззмінних посівів забур'яненість збільшилась до 3,7 шт./ 1 м² на ранніх гібридах і до 4,2 шт./ 1 м² на пізніх гібридах. Застосування цього гербіциду дозволило зменшити кількість бур'янів на 0,6 та 0,9 шт./ 1 м² на ранніх та пізніх гібридах відповідно, порівняно з гербіцидом Фронт'єр® Оптім, та 1,9 і 1,8 шт./ 1 м² на завершальному дворіччі беззмінних посівів.

Найбільшу ефективність захисту від сегетальної рослинності показала сумісна дія ґрунтового та страхового гербіцидів. Так, забур'яненість на першому дворіччі беззмінних посівів на ранньостиглих та пізньостиглих гібридах була мінімальною – 0,6 бур'янів на 1 м². На завершальному дворіччі беззмінних посівів забур'яненість дещо збільшилась (1,3 шт./ 1 м² на ранніх і 1,4 шт./ 1 м² на пізніх гібридах), проте такий ступінь забур'яненості відповідає показникам «дуже слабкий» [20].

Серед сегетальної рослинності найбільш шкодочинними були: щириця звичайна (*Amaranthus retroflexus* L.), кучерявець Софії (*Descurainia sophia* L.), лобода біла (*Chenopodium album* L.), плоскуха звичайна (*Echinochloa crus-galli* L.). Забур'яненість цими видами значно підвищувалась з подовженням тривалості беззмінних посівів без застосування засобів захисту. Застосування гербіцидів дозволило зменшити ступінь забур'яненості до параметрів «дуже слабкий». Особливо дієвим було використання сумісної дії ґрунтового та страхового гербіцидів, що дало можливість нівелювати забур'яненість за п'ятирічного терміну беззмінних посівів гібридів кукурудзи.

Попри високу ефективність дії гербіцидів, не вдається подолати повністю забур'яненість, так званих, «карантинних» видів. Сумісною дією ґрунтового та страхового гербіцидів вдалось знешкодити в фітоценозі чорнощир нетреболистий (*Cyclachaena xanthifolia* Fres.), проте, амброзію полинолисту (*Ambrosia artemisifolia* L.) повністю знищити в фітоценозі кукурудзи досить складно через високий коефіцієнт розмноження, високі запаси насіння в ґрунті, високу мобільності насіння з поливною водою.

Технічна ефективність гербіциду Фронт'єр® Оптіма становила в середньому 82,9–87,1–%. Технічна ефективність гербіциду МайсТер® Пауер також була на високому рівні – 80,9–90,3 %. Найбільшою технічною ефективністю зареєстрована за сумісної дії гербіцидів Фронт'єр® Оптіма та МайсТер® Пауер – 96,9–97,6% (табл. 2).

Слід відмітити, що при застосуванні ґрунтового гербіциду Фронт'єр® Оптіма та страхового МайсТер® Пауер без сумісної дії, технічна ефективність підвищувалась зі зростанням терміну беззмінних посівів. Так, технічна ефективність гербіциду Фронт'єр® Оптіма зросла з 82,9–85,3% за першого дворіччя беззмінних посівів до 85,6–87,1% на останньому дворіччі п'ятирічного терміну. Така ж

динаміка зростання технічної ефективності простежувалась і за використання гербіциду МайсТер® Пауер – з 80,9% до 89,4% на ранніх гібридах та з 83,9% до 90,3% на пізніх гібридах. За кумулятивної дії ґрунтового та страхового гербіцидів (Фронт'єр + МайсТер® Пауер) їх технічна ефективність сягала максимуму на ранніх та пізніх гібридах і становила 96,9–97,6%. Слід відзначити, що незважаючи на високе навантаження пестицидів на фітоценоз кукурудзи за тривалого беззмінного посіву, не вдалося досягнути стовідсоткової технічної ефективності системи захисту посівів кукурудзи від сегетальної рослинності. Такі види бур'янів як лобода біла (*Chenopodium album* L.), березка польова (*Convolvulus arvensis* L.), осот рожевий (*Cirsium arvense* L.), плоскуха звичайна (*Echinochloa crus-galli* L.) проявили досить високу виживаність в фітоценозі беззмінних посівів кукурудзи протягом п'яти років завдяки високим запасам насіння та кореневих паростків в ґрунті за умов зрошення. Однією з найменших була технічна ефективність системи захисту рослин від амброзії полинолистої (*Ambrosia artemisifolia* L.). Цей вид за короткий термін перейшов з карантинних бур'янів до найбільш поширених, особливо в умовах зрошення. Завдяки високому коефіцієнту розмноження та високій схожості насіння у термін припинення дії ґрунтових та страхових гербіцидів (серпень-вересень), сходи насіння цього виду в цей період можуть завершити вегетацію формуванням насіння та поповнити ґрунтові запаси, що ускладнює боротьбу з цим бур'яном за тривалих беззмінних посівів кукурудзи.

Таблиця 2

Технічна ефективність варіантів системи захисту від сегетальної рослинності на беззмінних посівах кукурудзи різних груп ФАО в передзбиральний термін (ВВСН 83-87)

Види сегетальних рослин	Роки беззмінних посівів	Технічна ефективність засобів захисту, %					
		Фронт'єр® Оптіма		МайсТер® Пауер		Фронт'єр + МайсТер® Пауер	
		ФАО 190-250	ФАО 380-430	ФАО 190-250	ФАО 380-430	ФАО 190-250	ФАО 380-430
Кучерявець Софії <i>Descurainia sophia</i> (L.)	2021-2022	88,0	87,5	96,0	96,9	100,0	100,0
	2024-2025	96,8	96,4	98,4	97,8	100,0	100,0
Лобода біла (<i>Chenopodium album</i> L.)	2021-2022	90,6	90,7	93,8	95,3	96,9	97,7
	2024-2025	90,5	94,3	95,9	97,1	97,3	98,1
березка польова (<i>Convolvulus arvensis</i> L.)	2021-2022	91,2	90,5	97,1	95,2	97,1	97,6
	2024-2025	94,5	94,6	95,9	95,7	98,6	98,9
Болокан татарський (<i>Lactuca tatarica</i> (L.)),	2021-2022	33,3	50,0	66,7	75,0	100,0	100,0
	2024-2025	72,7	76,9	81,8	84,6	100,0	100,0
Осот рожевий (<i>Cirsium arvense</i> L.)	2021-2022	50,0	60,0	75,0	80,0	87,5	90,0
	2024-2025	66,7	77,8	85,7	85,2	90,5	92,6
Осот жовтий польовий (<i>Sonchus arvensis</i> L.)	2021-2022	100,0	100,0	66,7	80,0	100,0	100,0
	2024-2025	71,4	68,8	78,6	81,3	92,9	93,8

Продовження таблиці 2

Види сегетальних рослин	Роки беззмінних посівів	Технічна ефективність засобів захисту, %					
		Фронт'єр® Оптима		МайсТер® Пауер		Фронт'єр + МайсТер® Пауер	
		ФАО 190-250	ФАО 380-430	ФАО 190-250	ФАО 380-430	ФАО 190-250	ФАО 380-430
Злінка канадська <i>Erigeron canadensis</i> L.	2021-2022	100,0	100,0	50,0	50,0	100,0	100,0
	2024-2025	91,7	92,3	87,5	88,5	100,0	100,0
Плоскуха звичайна <i>Echinochloa crus-galli</i> (L.)	2021-2022	70,6	72,5	82,4	85,0	97,1	97,5
	2024-2025	76,1	77,0	89,6	89,2	95,5	95,9
Щириця звичайна <i>Amaranthus retroflexus</i> L.	2021-2022	96,4	95,5	95,2	94,4	98,8	98,9
	2024-2025	96,1	96,0	96,1	96,0	98,7	98,3
Амброзія полинолиста <i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.	2021-2022	91,7	91,7	83,3	83,3	91,7	91,7
	2024-2025	92,0	90,0	88,0	90,0	92,0	93,3
Чорнощир нетреболистий <i>Cyclachaena xanthifolia</i> Fres.	2021-2022	100,0	100,0	83,3	87,5	100,0	100,0
	2024-2025	93,3	93,8	86,7	87,5	100,0	100,0
Технічна ефективність за роками, %	2021-2022	82,9	85,3	80,9	83,9	97,2	97,6
	2024-2025	85,6	87,1	89,4	90,3	96,9	97,3

Проведення аналізу урожайності зерна гібридів кукурудзи за різних систем захисту фітоценозу посіву показало, що в перші два роки беззмінних посівів урожайність скоростиглих гібридів (ФАО 190-250) становила 8,13 т/га, а пізньостиглих (ФАО 380-430) – 9,08 т/га (рис. 1).

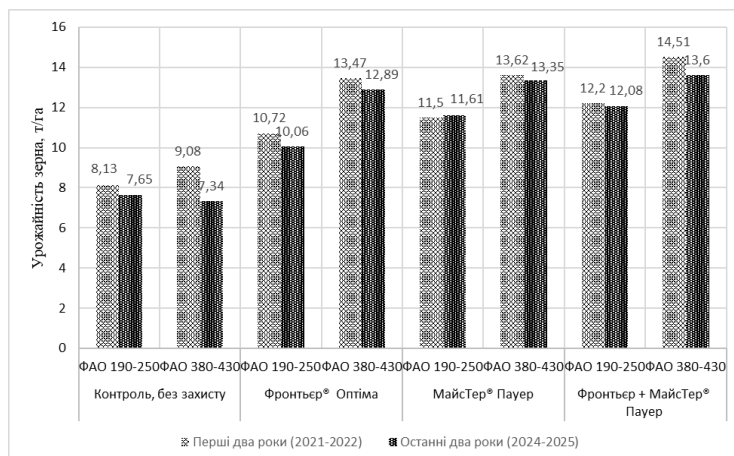


Рис. 1. Урожайність зерна гібридів кукурудзи різних груп ФАО залежно від засобів захисту від сегетальних рослин за п'ятирічного терміну беззмінних посівів

В останньому дворіччі п'ятирічного терміну беззмінних посівів урожайність зерна скоростиглих гібридів знизилась до 7,65 т/га, а у пізньостиглих – до 7,34 т/га. Пізньостиглі гібриди хоч мають значно більший потенціал урожайності, проте і більш негативно реагують на підвищену забур'яненість посівів.

Застосування ґрунтового гербіциду Фронт'єр® Оптіма дозволило підвищити урожайність зерна скоростиглих гібридів до 10,72 т/га, а у пізньостиглих – до 13,47 т/га. В останнє дворіччя п'ятирічного терміну беззмінних посівів урожайність зерна скоростиглих гібридів знизилась до 10,06 т/га, а у пізньостиглих – до 12,89 т/га.

Застосування гербіциду МайсТер® Пауер сприяло підвищенню урожайності зерна у скоростиглих гібридів до 11,50 т/га, а у пізньостиглих – до 13,62 т/га. В останнє дворіччя п'ятирічного терміну беззмінних посівів урожайність зерна скоростиглих гібридів залишилась на рівні перших років 11,61 т/га, а у пізньостиглих урожайність понизилась до 13,35 т/га. Цей гербіцид проявив більшу ефективність з захисту кукурудзи, що позначилось на підвищенні урожайності на перших та останніх роках беззмінних посівів порівняно з гербіцидом ґрунтової дії.

Найбільша урожайність зерна була засвідчена за застосування комплексної дії ґрунтового та страхового гербіциду. Урожайності зерна у скоростиглих гібридів була найвищою як на початку п'ятирічного терміну (12,20 т/га), так і на останньому дворіччі – 12,08 т/га. У пізньостиглих гібридів максимальна урожайність зерна була зафіксована на першому дворіччі – 14,55 т/га. В останнє дворіччя п'ятирічного терміну беззмінних посівів урожайність зерна пізньостиглих гібридів знизилась на 0,91 т/га і становила 13,60 т/га. Комплексне використання ґрунтового (Фронт'єр® Оптіма) та страхового гербіциду (МайсТер® Пауер) показало найбільший ефект боротьби з сегетальною рослинністю та сприяло формуванню найбільшої урожайності зерна як на перших роках беззмінних посівів так і на заключних дворічних термінах.

Конкурентна боротьба сегетальної рослинності з гібридами кукурудзи призводить до вагомих втрат урожайності зерна. Гібриди кукурудзи з ФАО 190-250 втрачають 4,07 т/га, а гібриди з ФАО 380-430 – 5,43 т/га урожайності зерна у перші двох роки беззмінних посівів за рахунок забур'яненості фітоценозу. В останнє дворіччя п'ятирічного терміну беззмінних посівів гібриди кукурудзи з ФАО 190-250 втрачають 4,43 т/га, а гібриди з ФАО 380-430 – 6,26 т/га урожайності зерна за рахунок забур'яненості фітоценозу.

Слід відзначити, що втрати урожайності зерна за беззмінних посівів є наслідком не тільки конкурентного впливу сегетальної рослинності, а і накопичення фітопатогенів, шкідливих інсектів та зниження родючості ґрунту. Процеси та результати накопичення шкідливих організмів за беззмінних посівів кукурудзи було показано в попередніх дослідженнях [15], тому забезпечення стабільності рівня урожайності зерна кукурудзи за беззмінних посівів вимагає системного підходу до встановлення основних та побічних складових факторів впливу на сталість продукційного процесу в монокультурному землеробстві.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Завдяки оптимізації фітотоксичної дії гербіцидів і фітоценотичної резистентності бур'янів досягнута можливість контролювання 96–97% всього різновиду бур'янів. Для підтримання високого рівня фітосанітарної безпеки в системі контролювання бур'янів найбільш ефективним слід вважати застосування гербіцидів з широким фітотоксичним спектром проти найбільш шкодочинних бур'янів.

Конкурентна боротьба сегетальної рослинності з гібридами кукурудзи призводить до вагомих втрат урожайності зерна. Гібриди кукурудзи з ФАО 190-250

втрачають 4,07 т/га, гібриди з ФАО 380-430 – 5,43 т/га урожайності зерна в перші два роки беззмінних посівів за рахунок забур'яненості фітоценозу.

Найбільша урожайність зерна була засвідчена при застосуванні комплексної дії ґрунтового та страхового гербіциду. Урожайність зерна у скоростиглих гібридів була найвищою як на початку п'ятирічного терміну (12,20 т/га), так і на останньому дворіччі – 12,08 т/га. У пізньостиглих гібридів максимальна урожайність зерна була зафіксована на першому дворіччі – 14,55 т/га. На останньому дворіччі п'ятирічного терміну беззмінних посівів урожайність зерна пізньостиглих гібридів знизилась на 0,91 т/га і становила 13,60 т/га. Комплексне використання ґрунтового (Фронт'єр® Оптіма) та страхового гербіциду (МайсТер® Пауер) показало найбільший ефект боротьби з сегетальною рослинністю та сприяло формуванню найбільшої урожайності зерна як на перших роках беззмінних посівів так і на заключних дворічних термінах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Іващенко О., Ременюк С., Іващенко О. Проблеми потенційної засміченості ґрунту в Україні. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 8. С. 58–68. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201808-09>
2. Shevchenko S., Tkalic, Yu., Shevchenko M., Kolesnykova K., Derevenets-Shevchenko K. The evaluation of total weed density and seed bank of agricultural landscapes as an example of the Steppe Zone of Ukraine. *Scientific Horizons*. 2023. Vol. 26 (11). P. 80–89. <https://doi.org/10.48077/scihor11.2023.80>
3. Armengot L., Blanco-Moreno J.M., Barberi P. et al. Tillage as a driver of change in weed communities: a functional perspective. *Agriculture. Ecosystems and Environment*. 2016. Vol. 222. P. 276–285/
4. Гуральчук Ж. З., Мордерер Є. Ю. Проблема резистентності рослин до гербіцидів – інгібіторів ацетолактатсинтази. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2019. Т. 24. С. 296–301. <https://doi.org/10.7124/FEEO.v24.1118>
5. Шевченко М. С., Шевченко С. М., Деревенець-Шевченко К. А., Швець Н. В. Техногенний рівень землеробства і асоціативна мінливість бур'янів в агроценозах. *Зернові культури*. 2019. Т. 3. № 1. С. 83–92. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0064>
6. Циліорик О. І., Шевченко С. М., Шевченко О. М., Деревенець-Шевченко К. А., Швець Н. В. Особливості формування і регулювання потенційної забур'яненості різних технобіогенних систем. *Agrology*. 2019. Vol. 2 (1). P. 31–40. <https://doi.org/10.32819/2617-6106.2018.14015>
7. Вінокуров І. Н., Горшкова Л. М., Шевченко С. М. та ін. Система інноваційних методів контролювання забур'яненості в степовому землеробстві. Розділ 3. Інноваційні підходи розвитку сільського господарства. Одеса: КУПІРІЄНКО СВ, 2015. 114 с.
8. Циліорик О. І., Шевченко С. М., Шевченко О. М., Швець Н. В., Нікулін В. О., Остапчук Я. В. Динаміка чисельності бур'янів і їх видового складу в агроценозах кукурудзи залежно від обробітку ґрунту та удобрення в Північному Степу України. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2017. Vol. 7 (3). P. 154–159. https://doi.org/10.15421/2017_64
9. Bockstaller C., Blatz A., Rapp O., Koller R., Slezack S., Schaub A. Sustainable alternative to irrigated maize monoculture in a maize-dominated cropped area: Lessons learned from a system experiment. *Heliyon*. 2024. Vol. 10 (10). Article 30400. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e30400>
10. Charoenratana S., Anukul C., Rosse, P.M. Food sovereignty and food security: Livelihood Strategies pursued by farmers during the maize monoculture boom in Northern Thailand. *Sustainability*. 2021. Vol. 13 (17). Article 9821. <https://doi.org/10.3390/su13179821>

11. Ткачук О. П., Бондаренко М.І. Екологічна оцінка повторних посівів кукурудзи в Україні. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. Vol. 1 (24). P. 182–191.
12. Скрипченко Н.В., Дзюба О. І., Горбенко Н. Є. Оцінювання ґрунтовтоми за умов тривалого культивування деревних плодових ліан. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2020. Vol. 30 (3). P. 36–40. <https://doi.org/10.36930/40300306>
13. Kokhan A. V., Hlushchenko L. D., Olepir R. V., Len, O. I., Samoilenko O. A. Productivity of different varieties and hybrids of corn during their constant growth. *Bulletin of Agricultural Science*. 2019. Vol. 10. P. 18–23. <https://doi.org/20.31073/agrovisnyk2019010-03>
14. Mostovyak I. I., Dem'anyuk O. S., Parfenyuk A. I., Beznosko I. V. Variety as a factor in the formation of stable agrocenoses of grain crops. *Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*. 2020. № 2. P. 110–118. <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.02.13>.
15. Donets A., Marchenko T., Lavrynenko Yu., Piliarska O., Mishchenko S. The impact of continuous maize cultivation on grain yield and agrophysical parameters of the arable soil layer. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2026. Vol. 27, Iss. 1. 2026, P. 1–13. DOI: <https://doi.org/10.12912/27197050/214464>
16. Ушкаренко В. О., Вожегова Р. А., Голобородько С. П. Статистичний аналіз результатів польових дослідів у сільському господарстві. Херсон: Айлант, 2013. 310 р.
17. Вожегова Р. А., Лавриненко Ю. О., Малярчук М. П. Методологія польових та лабораторних досліджень на зрошуваних землях. Херсон: Грін Д.С., 2014. 286 с.
18. Трибель С. О., Сігарьова Д. Д., Секун М. П., Іващенко О. О. Методи випробування та застосування пестицидів. Київ: Світ, 2001. 256 с.
19. Лебідь Є. М., Циков В.С., Матюха Л. П., Шевченко М. С. Методика проведення польових дослідів по визначенню забур'яненості та ефективності засобів її контролювання в агрофітоценозах. Дніпропетровськ, 2008. С. 5–10.
20. Вожегова Р. А., Заєць С. О., Рудік О. Л. та ін. Формування основ еколого-безпечного функціонування агрофітоценозів на неполивних землях Південного Степу: наук.-метод. рекомендації. Одеса: Олді+, 2025. 50 с.
21. Державний реєстр пестицидів і агрохімікатів дозволених до використання в Україні. URL: <https://eco.gov.ua/registers/perelik-pesticidiv-i-agrohimikativ-dozvolenih-dlya-vikoristannya>
22. Наукові основи вирощування гібридів кукурудзи в умовах зрошення Південного Степу України : монографія / Р. А. Вожегова, Ю. О. Лавриненко, Т. Ю. Марченко та ін. Одеса : Олді+, 2024. 180 с.

Дата першого надходження статті до видання: 01.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 633.854.78:632.4:631.5(477.4)

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.1.23>

УРОЖАЙНІСТЬ СОНЯШНИКУ ЗАЛЕЖНО ВІД ЗАХОДІВ КОНТРОЛЮ СКЛЕРОТИНІОЗУ В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Дудченко В.В. – д.е.н., член-кореспондент НААН України,
професор, професор кафедри ботаніки та захисту рослин,
Херсонський державний аграрно-економічний університет
orcid.org/0000-0001-8545-7904

Бурдейний О.В. – аспірант кафедри ботаніки та захисту рослин,
Херсонський державний аграрно-економічний університет
orcid.org/0009-0008-5003-8003

У статті наведено результати дослідження впливу попередника та системи основного обробітку ґрунту на поширення і розвиток склеротиніозу й врожайність соняшнику в умовах змінних гідротермічних умов. Метою дослідження було встановлення ролі агро-технічних заходів у формуванні фітосанітарного стану посівів і продуктивності культури. Дослідження проводили у 2024–2025 рр. за двофакторною схемою досліду з чотириразовою повторністю. Встановлено, що погодні умови років дослідження істотно відрізнялися. У 2024 році сума опадів становила 307,3 мм за середньої температури 18,5°C, тоді як у 2025 році – 451,4 мм та 16,5°C відповідно, що супроводжувалося високими значеннями гідротермічного коефіцієнта у травні (4,9) й створювало більш сприятливі умови для розвитку збудника.

Виявлено, що поширення базальної форми склеротиніозу визначалося переважно агро-технічними чинниками і становило 13,21–29,88% залежно від попередника. Найменший рівень цього показника відмічено після попередника пшениця озима (13,21–16,71%), тоді як максимальний – після сої (26,58–29,88%), що свідчить про накопичення інфекційного початку у ґрунті. Поширення кошикової форми значною мірою залежало від погодних умов і у 2025 році зросло до 31,77–55,48% порівняно з 22,57–47,73% у 2024 році.

Розвиток кошикової форми склеротиніозу також був вищим у 2025 році (21,03–40,58%) порівняно з 2024 роком (12,53–33,08%) й максимальним після сої (31,53–36,70%). Безполіцейий обробіток ґрунту призвів до підвищення інтенсивності ураження – 27,60–33,52%, що пов'язано з концентрацією інфекції у верхньому шарі ґрунту. Встановлено, що за умов інтенсивнішого розвитку хвороби відбувалося зниження врожайності соняшнику: після пшениці озимої з 2,21 до 1,68 т/га, після сої – з 1,60 до 1,24 т/га.

Таким чином, поєднання організаційних та агротехнічних заходів, зокрема оптимального підбору попередника та системи обробітку ґрунту, може обмежувати шкодочинність склеротиніозу та сприяти підвищенню стабільності врожайності соняшнику.

Ключові слова: соняшник, обробіток ґрунту, кукурудза, попередник, соя, пшениця, сівозмінна, урожайність, склеротиніоз.

Dudchenko V.V., Burdeinyi O.V. Sunflower Yield as Affected by Sclerotinia Control Measures under the Conditions of the Forest-Steppe Zone of Ukraine

The article presents the results of studies on the influence of the preceding crop and primary tillage systems on the incidence and development of Sclerotinia rot and sunflower yield under variable hydrothermal conditions. The aim of the study was to determine the role of agronomic practices in shaping the phytosanitary status of crops and their productivity. The research was conducted in 2024–2025 using a two-factor experimental design with four replications.

It was established that the weather conditions differed significantly between the years of study. In 2024, total precipitation amounted to 307.3 mm with an average air temperature of 18.5 °C, whereas in 2025 these values were 451.4 mm and 16.5 °C, respectively. These conditions



© Дудченко В.В., Бурдейний О.В., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

were accompanied by high values of the hydrothermal coefficient in May (4.9), which created more favorable conditions for the development of the pathogen.

The incidence of the basal form of *Sclerotinia* was mainly determined by agronomic factors and ranged from 13.21 to 29.88% depending on the preceding crop. The lowest values were observed after winter wheat (13.21–16.71%), while the highest incidence was recorded after soybean (26.58–29.88%), indicating the accumulation of infection in the soil. The incidence of the head rot form largely depended on weather conditions and increased in 2025 to 31.77–55.48% compared with 22.57–47.73% in 2024.

The development of head rot was also higher in 2025 (21.03–40.58%) compared to 2024 (12.53–33.08%) and reached maximum levels after soybean (31.53–36.70%). Reduced tillage promoted an increase in disease intensity up to 27.60–33.52%, which is associated with the concentration of infection in the upper soil layer.

It was found that more intensive disease development resulted in a decrease in sunflower yield: from 2.21 to 1.68 t/ha after winter wheat and from 1.60 to 1.24 t/ha after soybean.

Thus, the combination of organizational and agronomic measures, including the optimal selection of preceding crops and tillage systems, can effectively limit the harmfulness of *Sclerotinia* and contribute to improving the stability of sunflower yield.

Key words: sunflower, tillage systems, maize, preceding crop, soybean, wheat, crop rotation, yield, white mold.

Постановка проблеми. Соняшник (*Helianthus annuus* L.) є однією з провідних олійних культур України, однак рівень реалізації його продуктивного потенціалу в умовах виробництва залишається обмеженим. За здатності сучасних гібридів формувати врожайність понад 5,0 т/га, фактичні показники є істотно нижчими, що зумовлено, зокрема, ураженням рослин хворобами.

Однією з найбільш шкодочинних хвороб соняшнику є склеротиніоз (*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary), який за сприятливих умов розвитку здатний знижувати врожайність на 20–50%, а в окремі роки – до 80% і більше [1]. Ураження рослин призводить до зменшення густоти стояння, порушення процесів наливу насіння та зниження його якості, що безпосередньо визначає величину врожаю [2].

Особливістю збудника є здатність тривалого збереження в ґрунті у вигляді склероціїв, широкий спектр рослин-господарів та можливість інфікування рослин упродовж всього вегетаційного періоду [3, 4]. У зв'язку з цим формування інфекційного фону та інтенсивність розвитку хвороби значною мірою визначаються агротехнічними умовами вирощування культури. Серед таких чинників провідне місце належить попереднику та системі основного обробітку ґрунту в сівозміні, що впливають на рівень накопичення інфекційного початку в ґрунті, глибину залягання склероціїв і особливості їх проростання. Водночас у сучасних умовах Лісостепу України, де спостерігається перенасичення сівозмін соняшником та підвищений інфекційний фон, традиційні підходи до контролю склеротиніозу не завжди забезпечують достатній рівень захисту [5]. До того ж ефективність заходів контролю доцільно оцінювати не лише за показниками розвитку хвороби, а передусім за величиною збереженого врожаю, який є інтегральною характеристикою їх господарської ефективності.

Отже, актуальним є встановлення впливу попередників і заходів основного обробітку ґрунту як елементів контролю склеротиніозу на рівень збереження врожайності соняшнику в умовах Лісостепу України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомо, що шкодочинність склеротиніозу проявляється насамперед через втрати врожаю, величина яких залежить від строків інфікування, форми прояву хвороби та погодних умов вегетаційного періоду [6]. Найбільші втрати спостерігаються за ураження стеблової та кошикової форм склеротиніозу, що призводить до загибелі рослин або різкого зниження їх продуктивності [7–9].

Формування високого інфекційного фону *S. sclerotiorum* (Lib.) de Bary обумовлюється накопиченням склероціїв у ґрунті, широкою поліфагією патогена та порушенням науково обґрунтованих сівозмін [10]. Встановлено, що часте повернення соняшнику або вирощування його після культур, спільних за спектром ураження (зокрема сої), призводить до підвищення інфекційного навантаження та збільшення втрат урожаю [11].

Водночас використання зернових культур як попередників, зокрема пшениці озимої, сприяє зниженню інфекційного фону та покращенню фітосанітарного стану агроценозу соняшнику [10]. Таким чином, попередник є важливим елементом непрямого контролю склеротиніозу, що впливає на рівень збереження врожаю.

Суттєвий вплив на розвиток хвороби та продуктивність культури має система основного обробітку ґрунту в сівозміні. Традиційна оранка забезпечує загортання склероціїв у глибші шари ґрунту, тоді як мінімальний та нульовий обробіток змінюють їх розподіл і умови мікробіологічного розкладання [12]. Однак результати досліджень щодо ефективності різних систем обробітку є неоднозначними, що свідчить про необхідність їх подальшого вивчення в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах.

Важливим елементом системи контролю склеротиніозу також є застосування фунгіцидів. За даними досліджень використання препаратів на основі карбоксамідів, триазолів та стробілуринів дозволяє суттєво обмежувати розвиток хвороби та зменшувати втрати врожаю соняшнику [13]. Найбільшої ефективності хімічний захист досягає за своєчасного внесення у критичні фази розвитку культури (бутонізація – початок цвітіння), коли відбувається основне інфікування рослин. Водночас ефективність фунгіцидів значною мірою залежить від погодних умов, рівня інфекційного фону та форми прояву хвороби і не завжди забезпечує повне збереження врожаю, особливо за розвитку кошикової форми склеротиніозу.

Сучасні підходи до контролю склеротиніозу базуються на принципах інтегрованого захисту рослин і передбачають поєднання агротехнічних, біологічних та хімічних заходів [14]. Недостатньо дослідженим залишається питання комплексного впливу попередників і систем основного обробітку ґрунту як факторів, що одночасно формують інфекційний фон склеротиніозу та визначають рівень реалізації продуктивного потенціалу культури.

У зв'язку з цим виникає необхідність проведення досліджень, спрямованих на встановлення впливу попередників і заходів основного обробітку ґрунту на урожайність соняшнику як інтегральний показник ефективності контролю склеротиніозу.

Постановка завдання. Мета дослідження – наукове обґрунтування впливу попередників та заходів основного обробітку ґрунту як елементів контролю склеротиніозу (*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary) на урожайність соняшнику та величину збереженого врожаю в умовах Лісостепу України.

Дослідження проводили в ПрАТ ПК «Поділля» Вінницької області, смт Крижопіль на чорноземах опідзолених важкосуглинкових із вмістом гумусу в шарі 0–30 см – 3,45%, рН ґрунтового розчину – 6,5. Вміст легкогідролізованих сполук азоту (за Корнфілдом) – низький (120 мг/кг), рухомих сполук фосфору та калію (за Чириковим) – підвищений і високий (132; 153 мг/кг ґрунту), відповідно.

Дослід двофакторний, закладався методом розщеплених ділянок із систематичним розміщенням варіантів, повторність – чотириразова. Загальна площа дослідної ділянки – 168 м², облікової – 112 м².

Фактор А – попередник (пшениця озима, соя, кукурудза).

Фактор В – захід основного обробітку ґрунту (оранка на глибину 25–27 см, дисковий обробіток на глибину 14–16 см, сівба у попередньо необроблений ґрунт).

Сівбу проводили восьмирядною сівалкою SPACE виробництва компанії HARVEST.

У дослідженнях використовували загальнонаукові методи теоретичного пізнання та спеціальні (агрономічні) методи досліджень [15, 16].

Поширення та розвиток склеротиніозу в агроценозі сояшнику обліковували за п'ятибальною шкалою ураження рослин. Обліки ураження рослин проводили у два строки: перший – на початку фази цвітіння (5% розкритих кошиків), другий – у фазу масового цвітіння. Оцінювання здійснювали шляхом візуального обстеження рослин із визначенням ступеня ураження.

Урожайність визначали шляхом збирання облікової площі з подальшим перерахунком на стандартну вологість, а величину збереженого врожаю – як різницю між урожайністю варіантів дослідів.

Статистичну обробку експериментальних даних проводили методом дисперсійного аналізу (ANOVA) для двофакторного дослідів. Перед проведенням дисперсійного аналізу дані перевіряли на відповідність нормальному розподілу та однорідність дисперсій.

Оцінку впливу факторів А, В та їх взаємодії (А×В) здійснювали за F-критерієм Фішера з визначенням рівня значущості при $p \leq 0,05$. Для порівняння середніх значень використовували критерій найменшої істотної різниці (НІР₀₅). Розрахунок НІР проводили окремо для: головних ефектів факторів А і В; часткових різниць (взаємодії А×В).

У зв'язку з однаковою кількістю рівнів факторів ($a = b = 3$) та рівною кількістю повторень ($r = 4$), значення НІР₀₅ для головних ефектів факторів А і В були ідентичними, що відповідає особливостям збалансованого двофакторного дисперсійного аналізу.

Середні значення у таблицях позначали літерами (a, b, c тощо), де однакові літери вказують на відсутність статистично значущих відмінностей між варіантами при рівні значущості $p \leq 0,05$.

Виклад основного матеріалу дослідження. Гідротермічні умови вегетаційного періоду істотно впливали на формування фітосанітарного стану посівів сояшнику та реалізацію потенціалу врожайності. За роки дослідження спостерігалися суттєві відмінності у температурному режимі та забезпеченні вологою.

У 2024 році погодні умови характеризувалися відносно підвищеним температурним фоном (середня температура за вегетацію – 18,5°C) та недостатнім і нерівномірним зволоженням (307,3 мм опадів). Особливо посушливі умови відмічено у травні та серпні (ГТК 0,5), що обмежувало розвиток збудника *Sclerotinia sclerotiorum* de Bary на ранніх етапах органогенезу рослин (табл. 1).

Таблиця 1

Гідротермічні умови проведення дослідження

Місяць	Температура, °C			Опади, мм			ГТК	
	2024	2025	Середня багаторічна	2024	2025	Середня багаторічна	2024	2025
Квітень	12,2	10,3	9,1	83,1	24,2	40,0	2,3	1,6
Травень	15,7	12,5	14,7	23,4	189,0	54,0	0,5	4,9
Червень	21,0	19,4	18,2	80,1	19,7	87,0	1,3	0,3
Липень	21,3	21,7	20,0	57,8	103,7	73,0	0,9	1,5
Серпень	22,2	19,2	19,4	32,8	42,4	55,0	0,5	0,7
Вересень	18,8	16,1	14,1	30,1	72,4	61,0	0,5	1,5
Σ опадів				307,3	451,4	370,0		

У 2025 році вегетаційний період характеризувався значно вищою кількістю опадів (451,4 мм) при дещо нижчому температурному режимі (16,5°C). Особливо сприятливі умови для розвитку патогена сформувалися у травні (ГТК 4,9), а також у липні та вересні (1,5), що збігається з критичними фазами розвитку соняшнику – бутонізацією, цвітінням та наливом насіння.

Такі гідротермічні умови по-різному впливали на прояв форм склеротиніозу. Базальна форма хвороби була менш залежною від короточасних коливань вологості та більшою мірою визначалася умовами ґрунтового середовища, зокрема системою основного обробітку ґрунту в сівозміні. Водночас розвиток кошикової форми корелював із рівнем зволоження у період цвітіння, що особливо проявилось у 2025 році.

Поширення базальної форми склеротиніозу в агроценозі соняшнику істотно залежало від попередника та заходів основного обробітку ґрунту. Встановлено достовірний вплив обох факторів, що підтверджується значеннями НІР₀₅.

У 2024 році рівень поширення хвороби коливався від 7,72% до 28,00% залежно від варіанту дослідів. Найменше прояв відмічено після пшениці озимої за сівби соняшника в попередньо необроблений ґрунт (7,72%), що пояснюється зниженим інфекційним фоном унаслідок біологічного розриву між чутливими культурами в сівозміні та виснаженням склеротіїв, які залишилися на поверхні ґрунту. У той же час максимальний рівень поширення зафіксовано після сої (28,00%), що свідчить про накопичення інфекції збудника у ґрунті. Середній рівень поширення за фактором А у 2024 році становив після пшениці озимої – 13,21%, кукурудзи – 18,66%, сої – 26,58%, що вказує на істотну роль попередника у формуванні фіто-санітарного стану посівів (табл. 2).

Таблиця 2

**Поширення базальної форми склеротиніозу в агроценозі соняшнику
(2024–2025 рр.)**

Попередник (фактор А)	Заходи обробітку ґрунту (фактор В)			Середнє за фактором А
	Сівба в попередньо необроблений ґрунт	Оранка	Дисковий обробіток	
2024 р.				
Пшениця озима	7,72 f	17,25 d	14,65 е	13,21 с
Соя	28,00 a	24,18 b	27,58 a	26,58 a
Кукурудза на зерно	20,18 с	17,45 d	18,35 d	18,66 b
Середнє за фактором В	18,63 b	19,62 ab	20,19 a	
НІР ₀₅ , %: часткові різниці: А×В = 1,69, головні ефекти: А = 0,98; В = 0,98				
2025 р.				
Пшениця озима	9,73 f	20,25 е	20,15 е	16,71 с
Соя	32,88 a	27,18 с	29,58 b	29,88 a
Кукурудза на зерно	21,88 d	21,60 d	22,92 d	22,13 b
Середнє за фактором В	21,49 с	23,01 b	24,22 a	
НІР ₀₅ , %: часткові різниці: А×В = 1,92, головні ефекти: А = 1,11; В = 1,11				

Примітка: різні літери в межах одного рядка/стовпця вказують на статистично значущі відмінності між варіантами при $p \leq 0,05$ (НІР₀₅).

Заходи основного обробітку ґрунту також впливали на поширення базальної форми хвороби. Найменші значення в середньому за фактором В отримано за сівби в попередньо необроблений ґрунт (18,63%), тоді як дисковий обробіток підвищував цей показник до 20,19%, що пов'язано з концентрацією джерел інфекції у верхньому шарі ґрунту.

У 2025 році спостерігалось загальне зростання рівня поширення базальної форми склеротиніозу. Показники варіювали від 9,73% до 32,88%, що перевищувало рівень попереднього року. Максимальне ураження знову відмічено після сої (32,88%), а мінімальне – після пшениці озимої (9,73%). Середні значення за фактором А в 2025 році становили: пшениця озима – 16,71%, кукурудза – 22,13%, соя – 29,88%, що підтвердило стабільну тенденцію до зростання ураження після бобових попередників. Вплив заходів основного обробітку ґрунту у 2025 році був більш вираженим. Найнижчий рівень поширення зафіксовано за сівби в попередньо необроблений ґрунт (21,49%), тоді як дисковий обробіток призводив до збільшення цього показника (24,22%).

Отримані результати свідчать, що базальна форма склеротиніозу в меншій мірі залежить від погодних умов порівняно з кошиковою формою і більшою мірою визначається агротехнічними чинниками, зокрема попередником та заходами основного обробітку ґрунту.

Поширення кошикової форми склеротиніозу значною мірою залежало як від попередника, так і від заходів основного обробітку ґрунту. На відміну від базальної форми, прояв кошикової форми хвороби більш виражено реагував на гідротермічні умови вегетаційного періоду. У 2024 році рівень поширення хвороби коливався від 22,57% до 47,73%. Найменше ураження відмічено після пшениці озимої за сівби в попередньо необроблений ґрунт (22,57%), тоді як максимальні значення зафіксовано після сої (47,73%). У середньому за фактором А поширення становило після пшениці – 30,58%, кукурудзи – 33,43%, сої – 42,98%.

Вплив заходів основного обробітку ґрунту у 2024 році проявився у підвищенні показника поширення хвороби за більш інтенсивних способів обробітку ґрунту. Так, за сівби в попередньо необроблений ґрунт поширення було 32,25%, тоді як за дискового обробітку – 38,00%, що є достовірно вищим значенням. У 2025 році за умов підвищеного зволоження, спостерігали істотне зростання поширення кошикової форми склеротиніозу. Показники варіювали в межах 31,77–55,48%, що значно перевищило рівень 2024 року. Максимальне ураження знов відмічено після сої (55,48%), тоді як мінімальне – після пшениці озимої – 31,77% (табл. 3).

Середні значення за фактором А у 2025 році склали: пшениця озима – 39,39%, кукурудза – 42,42%, соя – 50,82%, що підтвердило визначальну роль попередника у формуванні інфекційного фону.

Вплив заходів основного обробітку ґрунту також був більш вираженим порівняно з 2024 роком. Найменший рівень поширення спостерігався за сівби в попередньо необроблений ґрунт (41,23%), тоді як дисковий обробіток призвів до максимального розвитку хвороби (47,83%). Отримані результати узгоджуються з гідротермічними умовами років дослідження. Зокрема, у 2025 році високі значення ГТК у травні (4,9) та достатній рівень зволоження у липні (1,5) створили оптимальні умови для проростання склероціїв, утворення апотеціїв та зараження кошиків соняшнику. Саме це зумовило суттєве зростання поширення кошикової форми хвороби порівняно з 2024 роком.

Таблиця 3

Поширення кошикової форми склеротиніозу соняшнику залежно від попередників та заходів основного обробітку ґрунту, % (2024–2025 рр.)

Попередник (фактор А)	Заходи основного обробітку ґрунту (фактор В)			Середнє за фактором А
	Сівба в попередньо необроблений ґрунт	Оранка	Дисковий обробіток	
2024 р.				
Пшениця озима	22,57 f	33,92 d	35,23 d	30,58 c
Соя	47,73 a	40,48 b	40,75 b	42,98 a
Кукурудза на зерно	26,45 e	35,80 d	38,02 c	33,43 b
Середнє за фактором В	32,25 c	36,73 b	38,00 a	
НІР ₀₅ , %: для часткових різниць А×В = 2,01; для головних ефектів А = 1,16; В = 1,16				
2025 р.				
Пшениця озима	31,77 f	41,17 d	45,23 c	39,39 c
Соя	55,48 a	46,73 c	50,25 b	50,82 a
Кукурудза на зерно	36,45 e	42,80 d	48,02 b	42,42 b
Середнє за фактором В	41,23 c	43,57 b	47,83 a	
НІР ₀₅ , %: для часткових різниць А×В = 2,91; для головних ефектів А = 1,68; В = 1,68				

Примітка: різні літери в межах одного рядка/стовпця вказують на статистично значущі відмінності між варіантами при $p \leq 0,05$ (НІР₀₅).

Розвиток кошикової форми склеротиніозу, на відміну від поширення, більш повно відображав ступінь ураження рослин і безпосередньо пов'язаний із втратами врожаю. Отримані результати свідчать про суттєвий вплив як попередника, так і заходів основного обробітку ґрунту на інтенсивність розвитку хвороби. У 2024 році рівень розвитку кошикової форми варіював у межах 12,53–33,08%. Найменше ураження відмічено після пшениці озимої за сівби в попередньо необроблений ґрунт (12,53%), тоді як максимальні значення спостерігали після сої (33,08%). Середні значення за фактором А: пшениця – 19,78%, кукурудза – 26,81%, соя – 31,53% (табл. 4).

Таблиця 4

Розвиток кошикової форми склеротиніозу соняшнику залежно від попередників та заходів основного обробітку ґрунту, % (2024–2025 рр.)

Попередник (фактор А)	Заходи обробітку ґрунту (фактор В)			Середнє за фактором А
	Сівба в попередньо необроблений ґрунт	Оранка	Дисковий обробіток	
2024 р.				
Пшениця озима	12,53 f	23,18 d	23,63 d	19,78 c
Соя	30,18 b	31,33 b	33,08 a	31,53 a
Кукурудза на зерно	27,43 c	26,90 c	26,10 c	26,81 b
Середнє за фактором В	23,38 c	27,14 b	27,60 a	
НІР ₀₅ , %: для часткових різниць А×В = 2,12; для головних ефектів А = 1,22; В = 1,22				
2025 р.				
Пшениця озима	21,03 f	23,18 e	27,38 d	23,86 c
Соя	38,18 b	31,33 c	40,58 a	36,70 a
Кукурудза на зерно	27,68 d	30,15 c	32,60 b	30,14 b
Середнє за фактором В	28,96 c	28,22 b	33,52 a	
НІР ₀₅ , %: для часткових різниць А×В = 2,56; для головних ефектів А = 1,48; В = 1,48				

Примітка: різні літери в межах одного рядка/стовпця вказують на статистично значущі відмінності між варіантами при $p \leq 0,05$ (НІР₀₅).

Заходи основного обробітку ґрунту в 2024 році впливали на розвиток хвороби менш виражено, ніж попередник. Найменші значення відмічено за сівби в попередньо необроблений ґрунт (23,38%), тоді як за дискового обробітку підвищувався розвиток до 27,60%.

У 2025 році за умов підвищеного зволоження спостерігали істотне зростання розвитку кошикової форми склеротиніозу. Показники варіювали від 21,03% до 40,58%, що значно перевищувало рівень попереднього року. Максимальний розвиток знов відмічено після сої (40,58%), тоді як мінімальний – після пшениці озимої (21,03%). Середні значення за фактором А у 2025 році були: пшениця озима – 23,86%, кукурудза – 30,14%, соя – 36,70%, що підтвердило визначальну роль попередника в накопиченні інфекції та реалізації ураження.

Вплив заходів основного обробітку ґрунту у 2025 році був більш вираженим, ніж у попередньому році. Найменший рівень розвитку відмічено за сівби в попередньо необроблений ґрунт (28,96%), тоді як за дискового обробітку спостерігали максимальний розвиток хвороби (33,52%). Отримані результати тісно пов'язані з гідротермічними умовами років дослідження. У 2025 році високі значення гідротермічного коефіцієнта, особливо у травні (4,9), а також достатнє зволоження у період цвітіння (липень, ГТК 1,5), створили оптимальні умови для інтенсивного розвитку патогена та ураження кошиків сояшнику.

Рівень урожайності сояшнику істотно залежав від попередника, заходів основного обробітку ґрунту та гідротермічних умов вегетаційного періоду. Отримані результати свідчать про достовірний вплив досліджуваних факторів, що підтверджується значеннями HP_{os} .

У 2024 році, за відносно посушливих умов, сформовано вищий рівень урожайності. Показники варіювали від 1,52 до 2,50 т/га. Максимальну врожайність встановлено за сівби сояшнику після пшениці озимої у попередньо необроблений ґрунт (2,50 т/га), що достовірно перевищувало інші варіанти. Найнижчі значення відмічено після сої (1,52–1,65 т/га), що узгоджується з підвищеним рівнем ураження рослин склеротиніозом. Середні значення за фактором А у 2024 році склали: після пшениці озимої – 2,21 т/га, кукурудзи – 1,87 т/га, сої – 1,60 т/га, що свідчить про перевагу зернових попередників у формуванні продуктивності культури.

Вплив заходів основного обробітку ґрунту у 2024 році був менш вираженим, однак спостерігалася тенденція до зниження врожайності за дискового обробітку (1,79 т/га) порівняно із сівбою в попередньо необроблений ґрунт (1,95 т/га) та оранкою – 1,93 т/га (табл. 5).

У 2025 році за умов підвищеного зволоження та інтенсивного розвитку кошикової форми склеротиніозу, відмічено загальне зниження врожайності. Показники варіювали у межах 1,11–1,81 т/га. Найвищу врожайність знов забезпечував попередник пшениця озима (1,81 т/га), тоді як після сої сформовано найнижчий рівень продуктивності (1,11–1,37 т/га).

Середні значення за фактором А у 2025 році становили: пшениця озима – 1,68 т/га, кукурудза – 1,42 т/га, соя – 1,24 т/га, що підтверджує стабільну закономірність впливу попередника.

Вплив способу обробітку ґрунту у 2025 році проявлявся у зниженні врожайності за безпліцевого обробітку (1,36 т/га), тоді як найвищі значення отримано за сівби в попередньо необроблений ґрунт (1,51 т/га).

Зниження врожайності у 2025 році безпосередньо пов'язане з високим розвитком кошикової форми склеротиніозу, що формувалася за сприятливих

гідротермічних умов (високі значення ГТК у травні та достатнє зволоження у період цвітіння). Це підтвердило визначальну роль фітосанітарного стану посівів у формуванні продуктивності соняшнику.

Таблиця 5

**Урожайність соняшнику залежно від попередників
та заходів основного обробітку ґрунту, т/га (2024–2025 рр.)**

Попередник (фактор А)	Заходи основного обробітку ґрунту (фактор В)			Середнє за фактором А
	Сівба в попередньо необроблений ґрунт	Оранка	Дисковий обробіток	
2024 р.				
Пшениця озима	2,50 a	2,15 b	1,99 c	2,21 a
Соя	1,65 d	1,62 d	1,52 d	1,60 c
Кукурудза на зерно	1,71 d	2,02 c	1,87 c	1,87 b
Середнє за фактором В	1,95 a	1,93 a	1,79 b	
НІР ₀₅ , т/га: для часткових різниць А×В = 0,25; для головних ефектів А = 0,18; В = 0,14				
2025 р.				
Пшениця озима	1,81 a	1,66 b	1,58 bc	1,68 a
Соя	1,25 d	1,37 c	1,11 e	1,24 c
Кукурудза на зерно	1,47 bc	1,42 c	1,38 c	1,42 b
Середнє за фактором В	1,51 a	1,48 a	1,36 b	
НІР ₀₅ , т/га: для часткових різниць А×В = 0,18; для головних ефектів А = 0,13; В = 0,10				

Примітка: різні літери в межах одного рядка/стовпця вказують на статистично значущі відмінності між варіантами при $p \leq 0,05$ (НІР₀₅).

Висновки. Гідротермічні умови вегетаційних періодів дослідження істотно впливали на прояв склеротиніозу соняшнику. У 2025 році, за високо рівня зволоження (451,4 мм опадів; ГТК у травні – 4,9), відмічено зростання поширення кошикової форми до 31,77–55,48% порівняно з 22,57–47,73% у 2024 році.

Рівень ураження рослин значною мірою залежав від попередника. Найменші значення отримано після пшениці озимої (30,58–39,39%), у той час як після сої ураження рослин було максимальним (42,98–50,82%). Дисковий обробіток ґрунту призвів до підвищення показників прояву хвороби – 38,00–47,83%.

За умов інтенсивнішого розвитку кошикової форми склеротиніозу у 2025 році відмічено зниження врожайності соняшнику з 2,21 до 1,68 т/га після пшениці озимої та з 1,60 до 1,24 т/га після сої порівняно з 2024 роком, коли гідротермічні умови для розвитку патогена були менш сприятливими.

Таким чином, поєднання організаційних та агротехнічних заходів, зокрема оптимального підбору попередника та системи обробітку ґрунту в сівозміні, може ефективно обмежувати шкодочинність склеротиніозу та сприяти стабілізації врожайності соняшнику.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Mathew F. M., Harveson R. M., Block C. C., Gulya T. J., Markell S. G. Sclerotinia sclerotiorum diseases of sunflower (white mold). *Plant Health Instructor*. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1094/PHI-I-2020-1201-01>. Режим доступу: <https://numl.org/1fVB> (дата звернення: 24.03.2026).

2. Hossain M.M., Sultana F., Li W., Tran L.-S.P., Mostofa M.G. Sclerotinia sclerotiorum (Lib.) de Bary: Insights into the Pathogenomic Features of a Global Pathogen. *Cells*. 2023. № 12. URL: <https://numl.org/1fVD> (дата звернення 24.03.2026).
3. Block C.C., Marek L.F., Gulya T.J. Evaluation of wild Helianthus species for resistance to Sclerotinia stalk rot. Proceedings of the 7th Annual Sclerotinia Initiative Meeting, January 21-23, 2009, Bloomington, MN, USA. URL: <https://numl.org/1fVC> (дата звернення 20.01.2025).
4. Піковський М.Й., Кирик М.М. Біоекологічні особливості фітопатогенних грибів *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary і *Botryotinia fuckeliana* (de Bary) Whetzel": монографія. Київ: ЦП "Comprint", 2021. 280 с.
5. Бурдейний О.В., Дудченко В.В. Сучасні стратегії контролю *Sclerotinia sclerotiorum* (lib.) de Bary в агроценозах соняшнику: матер. VI Всеукр. наук.-практ. конф. здобувачів вищої освіти та молодих учених «Наукові читання імені В.М. Виноградова», 23–24 травня 2024 року. Херсон: ХДАЕУ, 2024. С. 79–81.
6. Saharan G.S., Mehta N. Sclerotinia Diseases of Crop Plants: Biology, Ecology and Disease Management, Vol. LXII. Springer-Verlag GmbH, Heidelberg, Germany. 2008. 486 p.
7. Різник В.В., Піковський М.Й. Шкідливість стеблової форми білої гнилі соняшнику. *Таврійський науковий вісник*. 2024. № 141. Ч. 2. С. 51–56. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.141.2.8>
8. Кирик М., Піковський М. Захист соняшнику від білої та сірої гнилей. *Пропозиція*. 2010. № 7. С. 100–103.
9. Dudchenko V.V., Markovska O.Ye., Sydiakina O.V. Determination of the effectiveness of fungicide protection systems as a reserve for sustainable sunflower production in south of Ukraine. *Технологічний аудит та резерви виробництва*. 2025. №. 1/3(81). С. 51–57. DOI: <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2025.323971>
10. Дудченко В.В., Марковська О.Є., Бурдейний О.В. Вплив попередників та заходів основного обробітку ґрунту на розвиток склеротиніозу в агроценозі соняшнику в умовах Лісостепу України. *Таврійський науковий вісник*. 2025. № 141. Частина 1. С. 89–95. DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.141.1.12>
11. Gracia-Garza .A., Neumann S., Vyn T.J., Boland G.J. Influence of crop rotation and tillage on production of apothecia by Sclerotinia sclerotiorum. *Canadian Journal of Plant Pathology*. 2002. № 24:2. P. 137–143.
12. Mueller D.S., Harman G.L., Person W.L. Effect of crop rotation and tillage on Sclerotinia sclerotiorum on soybean. *Can J Plant Pathol*. 2002. №24. P. 450–456.
13. Jahan R., Siddique S.S., Jannat R., Hossain M.M. Cosmos white rot: First characterization, physiology, host range, disease resistance, and chemical control. *J. Basic Microbiol*. 2022. № 62. P. 911–929.
14. Стратегія і тактика захисту рослин. т. 1 Стратегія: монографія / під редакцією академіка НААН України, д. б. н., професора В.П. Федоренка. К.: Альфа-стевія, 2012. С. 476–479.
15. Основи наукових досліджень в агрономії: Підручник / В. О. Єщенко, П. Г. Копитко, П. В. Костогриз; В. П. Опришко. За ред. В. О. Єщенка. Вінниця: ПП «ТД «Едельвейс і К»», 2014. С. 199–205.
16. Методики випробування і застосування пестицидів / С.О. Трибель та ін. Київ: Світ, 2001. С. 286.

Дата першого надходження статті до видання: 06.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 633.656:631.5:504 (477.7)

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.1.24>

ОЦІНКА ПРОДУКТИВНОСТІ ПОСІВІВ СОНЯШНИКУ В СТЕПУ УКРАЇНИ ЗА КЛІМАТИЧНИМИ СЦЕНАРІЯМИ RCP

Жигаїло Т.С. – к.с.-г.н., докторант,

с.н.с. відділу кліматично орієнтованих агротехнологій,

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства

Національної академії аграрних наук України

orcid.org/0000-0002-9580-5922

Жигаїло О.Л. – к.с.н., доцент кафедри агрометеорології та агроекології,

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова

orcid.org/0000-0002-3552-327X

У статті представлено результати дослідження впливу кліматичних змін на агрокліматичні умови вирощування та формування врожайності соняшнику в умовах Північного та Південного Степу України. Дослідження виконано на основі чисельного моделювання з використанням кліматичних сценаріїв RCP6.0 та RCP8.5, що дозволило оцінити можливі зміни основних агрометеорологічних показників і їхній вплив на продукційний процес культури. Встановлено, що в Північному Степу за сценарієм RCP6.0 очікується незначне підвищення температури повітря, збільшення надходження фотосинтетично активної радіації та деяке зростання кількості опадів. Такі зміни сприятимуть підвищенню фотосинтетичного потенціалу посівів, збільшенню площі листової поверхні та, відповідно, зростанню потенційної й фактичної врожайності соняшнику. Водночас за сценарієм RCP8.5, попри істотне зростання радіаційного ресурсу, спостерігатиметься значне посилення дефіциту вологи, що обмежуватиме реалізацію продуктивного потенціалу культури. Для Південного Степу характерним є більш виражений негативний вплив кліматичних змін. За сценарієм RCP6.0 підвищення температури та зменшення кількості опадів зумовлюють зростання водного дефіциту, що стримує формування врожаю. За сценарієм RCP8.5 ці тенденції посилюються: істотне зниження вологозабезпеченості призводить до зменшення площі листової поверхні, зниження фотосинтетичного потенціалу та суттєвого падіння врожайності насіння соняшнику. Доведено, що в умовах сучасних і прогнозованих змін клімату визначальним фактором формування врожайності соняшнику є вологозабезпеченість посівів, тоді як зростання температури та радіаційного ресурсу має обмежений позитивний вплив. Отримані результати свідчать про необхідність впровадження адаптивних заходів, спрямованих на оптимізацію водного режиму посівів, удосконалення строків сівби та використання посухостійких гібридів. Результати дослідження можуть бути використані для вдосконалення системи агротехнологій вирощування соняшнику та розроблення стратегій адаптації сільського господарства до кліматичних змін у степовій зоні України.

Ключові слова: кліматичні зміни, агрокліматичні умови, фотосинтетично активна радіація (ФАР), вологозабезпеченість, врожайність, сценарії RCP6.0 та RCP8.5, продукційний процес, моделювання.

Zhygailo T.S., Zhygailo O.L. Assessment of Sunflower Crop Productivity in the Steppe Zone of Ukraine under RCP Climate Scenarios

The article presents the results of a study on the impact of climate change on agroclimatic conditions and sunflower productivity in the Northern and Southern Steppe zones of Ukraine. The research is based on numerical modeling using climate scenarios RCP6.0 and RCP8.5, which made it possible to assess potential changes in key agrometeorological indicators and their influence on crop growth and yield formation. The findings indicate that in the Northern



© Жигаїло Т.С., Жагаїло О.Л., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Steppe, under the RCP6.0 scenario, a slight increase in air temperature, higher incoming photosynthetically active radiation (PAR), and a moderate rise in precipitation are expected. These changes contribute to an increase in leaf area, enhancement of the photosynthetic potential of crops, and, consequently, higher potential and actual yields. However, under the RCP8.5 scenario, despite a significant increase in radiation resources and intensified photosynthetic activity, increased moisture deficit limits the realization of the crop's productive potential. In the Southern Steppe, climate change effects are more pronounced and mostly negative. Under the RCP6.0 scenario, increased temperature combined with reduced precipitation leads to higher moisture deficit, which constrains yield formation. Under the RCP8.5 scenario, these trends intensify: a substantial decrease in water availability results in reduced leaf area, lower photosynthetic potential, and a significant decline in sunflower seed yield. It has been established that under both current and projected climate conditions, water availability is the key limiting factor for sunflower productivity, whereas increased temperature and radiation play a secondary role and cannot compensate for moisture deficiency, especially in the Southern Steppe. The obtained results highlight the need for adaptation measures, including optimization of sowing dates, implementation of drought-tolerant hybrids, and improvement of water management practices. The study outcomes can be used to enhance sunflower cultivation technologies and to develop climate adaptation strategies for agriculture in the Steppe zone of Ukraine.

Key words: climate change, agroclimatic conditions, photosynthetically active radiation (PAR), water availability, crop yield, RCP6.0 and RCP8.5 scenarios, crop productivity, modeling

Актуальність теми дослідження. Сучасні кліматичні зміни є одним із ключових чинників трансформації агроєкосистем та продуктивності сільськогосподарських культур. За оцінками Міжурядової групи експертів зі зміни клімату (IPCC), підвищення температури повітря, зміни режиму опадів і зростання частоти екстремальних погодних явищ істотно впливають на розвиток і врожайність культур, зокрема через посилення водного стресу та зміну тривалості вегетаційного періоду [1].

Для території Степу України ці процеси є особливо критичними, оскільки регіон характеризується підвищеною аридністю та високою чутливістю до змін зволоження. За результатами наукових досліджень, у перспективі очікується зростання посушливості клімату, зниження ефективності використання агрокліматичних ресурсів та потенційне скорочення продуктивності агроєкосистем [2-4]. Нерівномірність розподілу опадів і підвищення температурного фону створюють додаткові ризики для стабільності врожаїв і функціонування аграрного виробництва [5, 6].

Соняшник є однією з провідних олійних культур України та займає важливе місце в структурі експорту аграрної продукції. Водночас його продуктивність значною мірою залежить від погодних умов, особливо вологозабезпечення в критичні фази розвитку. Дослідження свідчать, що за умов кліматичних змін можливе як зростання потенційної продуктивності культури, так і її обмеження через дефіцит ґрунтової вологи [7, 8].

У цьому контексті важливого значення набуває використання кліматичних сценаріїв RCP (Representative Concentration Pathways), які відображають різні траєкторії зміни концентрацій парникових газів і дозволяють оцінити можливі варіанти майбутніх кліматичних умов [9]. Їх застосування створює наукову основу для моделювання та прогнозування продуктивності сільськогосподарських культур і розроблення адаптаційних заходів.

Отже, дослідження оцінки продуктивності посівів соняшнику в Степу України за кліматичними сценаріями RCP є актуальним і своєчасним, оскільки спрямоване на підвищення достовірності прогнозів розвитку аграрного сектору та забезпечення його адаптації до кліматичних змін.

Постановка проблеми. В умовах сучасних кліматичних змін, що супроводжуються підвищенням температури повітря, зміною режиму опадів та зростанням частоти екстремальних погодних явищ, функціонування агроєкосистем зазнає суттєвих трансформацій. Особливої вразливості до таких змін набувають регіони з недостатнім і нестабільним зволоженням, зокрема Степ України, де агровиоробництво значною мірою залежить від погодно-кліматичних умов [10-14].

Соняшник як провідна олійна культура України характеризується високою адаптивністю до посушливих умов, однак його продуктивність значною мірою визначається гідротермічним режимом упродовж вегетаційного періоду. Підвищення температурного фону, дефіцит вологи в критичні фази розвитку та зростання кліматичної варіабельності можуть призводити до істотного зниження врожайності та нестабільності виробництва [15-17].

Наявні наукові дослідження здебільшого зосереджені на оцінці впливу окремих кліматичних факторів або базуються на ретроспективному аналізі погодних умов, що обмежує можливості довгострокового прогнозування продуктивності культури. Водночас використання кліматичних сценаріїв RCP, які враховують різні траєкторії зміни клімату залежно від рівня викидів парникових газів, дозволяє отримати більш обґрунтовані оцінки майбутніх умов вирощування сільськогосподарських культур.

Разом із тим, питання комплексної оцінки продуктивності посівів соняшнику в умовах Степу України з урахуванням кліматичних сценаріїв RCP залишається недостатньо дослідженим. Відсутність регіоналізованих підходів до прогнозування врожайності з урахуванням агрокліматичних ресурсів і можливих змін клімату ускладнює розроблення ефективних стратегій адаптації аграрного виробництва.

Таким чином, виникає наукова проблема, що полягає у необхідності вдосконалення підходів до оцінки продуктивності соняшнику з урахуванням майбутніх кліматичних змін на основі сценаріїв RCP, що забезпечить підвищення достовірності прогнозів і сприятиме формуванню адаптаційних заходів у сільському господарстві Степу України.

Методика досліджень. Дослідження процесів формування врожайності соняшнику здійснювалося із застосуванням математичної моделі оцінки агрокліматичних ресурсів формування продуктивності сільськогосподарських культур, яка була модифікована та адаптована з урахуванням біологічних особливостей культури соняшнику. Зазначена модель використовується для визначення рівня забезпеченості рослин природними ресурсами, оцінювання відповідності агрокліматичних умов біологічним потребам культури, а також ефективності використання цих ресурсів у процесі формування врожаю.

З метою підвищення точності оцінювання агрокліматичних умов розрахунки виконувалися з декадним кроком, що дозволило врахувати внутрішньосезонну динаміку погодних факторів. Структура моделі є блоковою (рис. 1) і включає такі основні компоненти: вхідні метеорологічні та агрономічні дані; блок розрахунку показників сонячної радіації;

блок оцінки водно-температурного режиму; функціональні залежності впливу фаз розвитку рослин і метеорологічних чинників на продукційний процес; показники родючості ґрунту та забезпеченості рослин елементами мінерального живлення; а також блок формування агроєкологічних категорій урожайності та інтегральних оціночних характеристик.



Рис. 1. Блокова структура моделі оцінки формування врожаю соняшнику

Комплексна оцінка впливу кліматичних змін на продуктивність соняшнику здійснювалася на основі системи агрокліматичних показників, зокрема характеристик радіаційного балансу, водно-теплового режиму та рівня вологозабезпеченості посівів упродовж вегетаційного періоду (від сівби до досягнення збиіральної стиглості).

Аналіз динаміки агрокліматичних умов проводився шляхом порівняння базового періоду (1980–2010 рр.) із прогностичним періодом (2031–2050 рр.), сформованим відповідно до кліматичних сценаріїв RCP4.5 та RCP8.5. Це дало змогу оцінити можливі зміни ресурсного забезпечення культури та їх вплив на формування врожайності соняшнику в умовах Степу України.

Результати досліджень. Проведені чисельні розрахунки агрокліматичних показників та продукційного процесу соняшнику дозволили оцінити вплив кліматичних змін за сценаріями RCP6.0 та RCP8.5 у зоні Північного та Південного Степу України.

У **Північному Степу** встановлено, що зміни клімату впливатимуть на строки сівби, радіаційний режим і водозабезпечення посівів. За сценарієм RCP6.0 спостерігається тенденція до незначного зсуву строків сівби на більш ранні дати, тоді як за RCP8.5 – до їх певного запізнення. Це свідчить про неоднозначний вплив кліматичних змін на агротехнічні строки (табл. 1).

Зростання приходу фотосинтетично активної радіації (ФАР) за обома сценаріями є одним із ключових позитивних факторів. За сценарієм RCP6.0 збільшення ФАР є помірним, що забезпечує підвищення потенційної врожайності та продуктивності фотосинтезу. У той же час за сценарієм RCP8.5 збільшення ФАР є значно більшим, що формує високий рівень потенційної продуктивності посівів (табл. 2).

Таблиця 1

**Агрокліматичні умови вирощування соняшника
в Північному Степу України (період: сімба – збиральна стиглість)**

Кліматичний період	Дата сімба	$\Sigma\text{ФАР}$, кДж/ см ²	$T_{\text{ср.}}$, °C	ΣR , мм	ΣE , мм	ΣE_0 , мм	E/E_0 , відн. од.	ГТК, відн. од.
Фактичний (1980–2010)	07.04	132,8	18,3	221	287	565	0,51	0,9
RCP6.0 (2031–2050)	02.04	142,5	19,1	230	327	663	0,49	0,9
Різниця RCP8.5 (2031–2050)	-5	107%	+0,8	104%	114%	117%	96%	0,0
Різниця	+4	122%	0,0	97%	92%	114%	80%	-0,1

Примітка: $\Sigma\text{ФАР}$ –сумарна фотосинтетична активна радіація; $T_{\text{ср.}}$ – середня температура повітря; ΣR – сума опадів; ΣE – вологоспоживання; ΣE_0 – вологопотреба; E/E_0 – вологозабезпеченість; ГТК– гідротермічний коефіцієнт.

Однак підвищення температурного режиму супроводжується зростанням дефіциту вологи. Незважаючи на певне збільшення кількості опадів за сценарієм RCP6.0, інтенсифікація випаровування призводить до погіршення вологозабезпеченості. За сценарієм RCP8.5 ця тенденція посилюється: зменшення опадів і зростання дефіциту вологи формують більш посушливі умови, що обмежує реалізацію потенційної врожайності.

Таблиця 2

**Формування продуктивності та врожаю соняшнику
в Північному Степу України**

Кліматичний період	Показники продуктивності:					Урожай :		
	суха загальна маса:			ЛПП, м ² /м ²	ФП, м ² /м ²	наземної маси, т/га	підземної маси, т/га	маси насіння, т/га
	ПУ, ц/га	ММУ, ц/га	ДМУ, ц/га					
Фактичний (1980–2010)	151	81	50	5,9	342	3,5	1,5	2,3
RCP6.0 (2031–2050)	163	85	53	6,2	364	3,7	1,6	2,5
Різниця, %	108	105	106	105	106	106	107	109
RCP8.5 (2031–2050)	183	81	50	6,9	432	3,5	1,5	2,3
Різниця,%	121	0	0	117	126	0	0	0

Примітка: ПУ – потенційний урожай; ММУ – метеорологічно-можливий урожай; ДМУ – дійсно можливий урожай; ЛПП- індекс листової поверхні; ФП – фотосинтетичний потенціал.

Важливою реакцією агроценозу є зміна площі листової поверхні. За обома сценаріями відбувається її збільшення, особливо за RCP8.5, що зумовлює підвищення фотосинтетичного потенціалу. Проте ефективність цього фактору обмежується водним стресом. У результаті за сценарієм RCP6.0 відмічається підвищення як метеорологічно можливої, так і дійсно можливої врожайності (зростання

врожаю насіння до ~109%), тоді як за RCP8.5, попри високий фотосинтетичний потенціал, урожайність залишається на рівні сучасної або навіть знижується відносно сценарію RCP6.0.

У **Південному Степу** вплив кліматичних змін є більш критичним через початково обмежене зволоження. За сценарієм RCP6.0 відмічається суттєве зміщення строків сівби на більш ранні дати, що може бути адаптаційною перевагою. Підвищення ФАР (табл. 3) сприяє зростанню потенційної врожайності, однак одночасне зменшення опадів і різке збільшення дефіциту вологи суттєво обмежують реалізацію цього потенціалу (табл. 4).

Таблиця 3

**Агрокліматичні умови вирощування соняшника
в Південному Степу України (період: сівба – збиральна стиглість)**

Кліматичний період	Дата сівби	ΣФАР, кДж/см ²	T _{ср.} , °C	ΣR, мм	ΣE, мм	ΣE ₀ , мм	E/E ₀ , відн. од.	ГТК, відн. од.
Фактичний (1980–2010)	04.04	146,6	18,2	194	266	639	0,42	0,6
RCP6.0 (2031–2050)	22.03	156,7	19,3	168	261	724	0,36	0,6
Різниця	-12	108%	+1,1	87%	98%	113%	86%	0,0
RCP8.5 (2031–2050)	10.04	158,5	19,0	122	179	700	0,26	0,5
Різниця	+6	108%	+0,8	63%	67%	110%	62%	-0,1

За сценарієм RCP8.5 негативні тенденції посилюються: значне скорочення кількості опадів, зростання дефіциту вологи та зниження гідротермічного коефіцієнта формують стресові умови для рослин. Це призводить до зменшення площі листової поверхні, зниження фотосинтетичної продуктивності та, як наслідок, істотного падіння як метеорологічно можливої, так і дійсно можливої врожайності.

Таблиця 4

**Формування продуктивності та врожаю соняшнику
в Південному Степу України**

Кліматичний період	Показники продуктивності:					Урожай :		
	суха загальна маса:			ЛП, м ² /м ²	ФП, м ² /м ²	наземної маси, т/га	підземної маси, т/га	маси насіння, т/га
	ПУ, ц/га	ММУ, ц/га	ДМУ, ц/га					
Фактичний (1980–2010)	127	59	36	4,4	273	2,5	1,1	1,7
RCP6.0 (2031–2050)	137	57	35	4,6	269	2,4	1,0	1,5
Різниця, %	108	97	97	105	99	96	91	88
RCP8.5 (2031–2050)	136	51	31	4,2	270	2,2	1,0	1,3
Різниця, %	107	86	86	95	99	88	91	76

Порівняльний аналіз показує, що: у Північному Степу кліматичні зміни за помірною сценарію (RCP6.0) можуть мати переважно позитивний ефект для

продуктивності соняшнику; за жорсткого сценарію (RCP8.5) позитивний вплив радіаційного фактору нівелюється дефіцитом вологи; у Південному Степу обидва сценарії, особливо RCP8.5, формують ризик зниження врожайності через водний стрес.

Таким чином, головним лімітуючим фактором у майбутніх кліматичних умовах виступає не енергетичне забезпечення (ФАР), а саме вологозабезпеченість посівів. Отримані результати свідчать про необхідність адаптаційних заходів, зокрема оптимізації строків сівби, впровадження посухостійких гібридів та вдосконалення системи управління водними ресурсами.

Висновки та перспектива подальших досліджень. На основі проведеного моделювання агрокліматичних умов та продукційного процесу соняшнику встановлено, що зміни клімату суттєво впливатимуть на формування врожайності культури в умовах Північного та Південного Степу України.

У Північному Степу за сценарієм RCP6.0 прогнозується помірне покращення умов вирощування соняшнику, що проявляється у збільшенні приходу фотосинтетично активної радіації, підвищенні температурного режиму та незначному зростанні кількості опадів. Це сприятиме підвищенню фотосинтетичного потенціалу посівів і забезпечить зростання як потенційної, так і фактичної врожайності. Водночас за сценарієм RCP8.5, попри значне збільшення ФАР і розвиток листової поверхні, посилення дефіциту вологи обмежуватиме реалізацію продуктивного потенціалу, що призводить до стабілізації або навіть зниження врожайності порівняно з помірним сценарієм.

У Південному Степу кліматичні зміни мають переважно негативний вплив. За сценарієм RCP6.0, незважаючи на зростання радіаційного ресурсу, зменшення опадів і підвищення температури призводять до посилення водного дефіциту, що стримує реалізацію потенційної продуктивності. За сценарієм RCP8.5 ці процеси загострюються: суттєве погіршення вологозабезпечення зумовлює зниження фотосинтетичної активності, скорочення продукційного процесу та істотне падіння врожайності насіння.

Загалом встановлено, що в умовах кліматичних змін ключовим лімітуючим фактором продуктивності соняшнику є вологозабезпеченість посівів, тоді як зростання фотосинтетично активної радіації та температури має другорядне значення і не може компенсувати дефіцит вологи, особливо в Південному Степу.

Перспективи подальших досліджень полягають у: розробленні адаптивних агротехнологій вирощування соняшнику з урахуванням регіональних особливостей кліматичних змін; оцінці ефективності впровадження посухостійких гібридів та оптимізації строків сівби; удосконаленні моделей прогнозування врожайності з урахуванням екстремальних погодних явищ; дослідженні можливостей зменшення водного дефіциту шляхом впровадження ресурсозберігаючих технологій і систем управління ґрунтовою вологою; аналізі економічної ефективності адаптаційних заходів у різних ґрунтово-кліматичних зонах.

Отримані результати можуть бути використані для наукового обґрунтування стратегій адаптації аграрного виробництва до змін клімату та підвищення стабільності виробництва соняшнику в степовій зоні України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Masson-Delmotte V. et. al. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 2021. 2391 p.

2. Лобода Н. С., Божко Л. Ю. Оцінка впливу кліматичних змін на агрокліматичні ресурси України. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2020. № 25. С. 45–56.
3. Moldavan L., Pimenowa O., Wasilewski M., Wasilewska N. Sustainable development of agriculture of Ukraine in the context of climate change. *Sustainability*. 2023. Vol. 15, No. 13. 10517. <https://doi.org/10.3390/su151310517>
4. R. Vozhehova, S. Kokovikhin, O. Misievych, A. Vlashchuk, M. Pryshchepo, L. Shapar, P. Lykhovyd, O. Drobit, O. Konashchuk, V. Naidionov. Influence of herbicides on seed productivity and sowing qualities of white melilot in the steppe zone of Ukraine. *AgroLife Scientific Journal*. 2019. Vol. 8, No. 2. P. 174–181. <https://agrolifejournal.usamv.ro/index.php/agrolife/article/view/254/253>
5. Ромащенко М. І., Балюк С. А., Медведєв В. В. Кліматичні зміни та їх вплив на розвиток сільського господарства України. *Вісник аграрної науки*. 2019. № 10. С. 5–12.
6. OECD. Agricultural Policy Monitoring and Evaluation 2023: Adapting Agriculture to Climate Change. Paris: OECD Publishing, 2023. 689 p. <https://doi.org/10.1787/b14de474-en>
7. Кирилук В. П., Поліщук В. В. Формування продуктивності соняшнику залежно від погодних умов. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. № 2. С. 67–73.
8. Kryvoshein O., Kryvobok O., Zhylchenko D. Yield prediction at field level. *Ukrainian Journal of Remote Sensing*. 2024. Vol. 11, No. 4. <https://doi.org/10.36023/ujrs.2024.11.4.275>
9. Кліматичні ризики функціонування галузей економіки України в умовах зміни клімату: монографія/ за ред. С.М. Степаненка, А.М. Польового. Одеса: Вид. «ТЕС», 2018. 548 с.
10. Vozhegova R. A. Scientific and practical aspects of the formation of ecologically safe systems of irrigated agriculture in the conditions of the South of Ukraine. *Sustainable Agriculture and Climate Change*. 2025. С. 201–215. <https://doi.org/10.36059/978-966-397-154-4/201-215>
11. Ромащенко М. І., Савчук Д. П. Кліматичні зміни та їх вплив на водні ресурси і сільське господарство України. *Вісник аграрної науки*. 2022. № 3. С. 5–12.
12. Балюк С. А., Медведєв В. В., Тараріко О. Г. Стан і перспективи адаптації землеробства України до змін клімату *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2021. № 92. С. 5–16.
13. Тараріко О. Г., Ільєнко Т. В., Кучма Т. Л. Агроекологічні наслідки кліматичних змін в Україні. *Вісник аграрної науки*. 2023. № 5. С. 17–26.
14. Камінський В. Ф., Шевченко І. П. Продуктивність агроecosистем України в умовах кліматичних змін. *Землеробство*. 2022. № 1. С. 3–10.
15. Тищенко А. В., Степанов С. С., Тищенко О. Д. Аналіз гібридів соняшника середньостиглої групи за різних умов зволоження на Півдні України. *Аграрні інновації*. 2024. № 24. С. 31–40. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.24.31>
16. Бондарець Р.С., Верещагін І. В. Формування продуктивності соняшнику за вирощування в умовах північно-східного регіону України. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2024. Вип. 32. <https://doi.org/10.47414/np.32.2024.319650>
17. Harbar L., Vandzhura M. Assessment of agrometeorological conditions for growing sunflower hybrids. *Scientific Reports of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*, 2025, 21(5), 98–113. <https://doi.org/10.31548/dopovidi/5.2025.98>.

Дата першого надходження статті до видання: 07.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

ТВАРИННИЦТВО, КОРМОВИРОБНИЦТВО, ЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ПЕРЕРОБКА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ

ANIMAL HUSBANDRY, FEED PRODUCTION,
STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTS

УДК 636.5.084/.085:577.112

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.1.25>

МЕТАБОЛІЧНІ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ УПРАВЛІННЯ АМІНОКИСЛОТНИМ ПРОФІЛЕМ У РАЦІОНАХ ПТИЦІ

Баланчук І.М. – к.с.-г.н.,

доцент кафедри годівлі тварин та технології тварин ім. П. Д. Пшеничного,

Національний університет біоресурсів і природокористування України

orcid.org/0000-0002-7576-6508

Сучасне промислове птахівництво перебуває на етапі глобальної трансформації, зумовленої необхідністю поєднання високої продуктивності птиці з жорсткими вимогами екологічної безпеки та стратегіями сталого розвитку. Традиційні методи нормування раціонів, що базуються на вмісті сирого протеїну, на сьогодні визнані недостатньо ефективними, оскільки вони не враховують складну динаміку метаболічних взаємодій амінокислот та призводять до значних втрат ресурсів і надмірної екскреції азоту в довкілля. У представленій статті проведено системний аналіз та узагальнення сучасних наукових підходів до оптимізації амінокислотного живлення птиці, оцінено ефективність різних систем визначення біодоступності нутрієнтів та досліджено стратегії зниження техногенного навантаження через прецизійну корекцію раціонів. Методологія дослідження ґрунтується на аналізі результатів останніх світових досліджень у сфері нутриціології, порівнянні систем ідеальної перетравності амінокислот (AID, SIAAD, TID) та вивченні впливу екзогенних ферментів на біодоступність білка. Встановлено, що перехід до нормування за показниками стандартизованої ідеальної перетравності (SIAAD) є фундаментальною умовою прецизійної годівлі, оскільки цей метод враховує базальні ендогенні втрати та забезпечує високу точність прогнозування засвоєваності амінокислот у складних кормосумішах. Доведено, що використання синтетичних амінокислот дозволяє знизити рівень сирого протеїну в раціоні на 1–3%, що сприяє зменшенню викидів азоту в навколишнє середовище на 10–21% без втрати продуктивних якостей птиці та якості м'ясної продукції. Особливу увагу приділено ролі екзогенних ферментів, комбіноване застосування яких забезпечує синергетичний ефект, підвищуючи засвоєваність лімітуючих амінокислот на 2–8% шляхом руйнування антипоживних комплексів та зниження в'язкості хімусу. Виявлено, що функціональне значення амінокислот виходить далеко за межі структурного синтезу білків: вони виступають критичними регуляторами цілісності кишкового бар'єру, модулюють імунну відповідь



© Баланчук А.М., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

та впливають на склад кишкової мікробіоти. Наукова новизна роботи полягає у комплексному обґрунтуванні прецизійного живлення як інструменту екологічної та економічної стабільності галузі, включаючи аналіз інноваційних технологій in-ovo живлення для програмування продуктивного потенціалу. Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості оптимізації рецептур комбікормів для зниження їх собівартості, зменшення вуглецевого сліду та запобігання деградації довкілля.

Ключові слова: птахівництво, амінокислоти, SIAAD, протеїн, ферменти, екологічна безпека.

Balanchuk I. Metabolic and technological aspects of management of the amino acid profile in poultry diets

Modern industrial poultry production is undergoing a stage of global transformation driven by the necessity to combine high poultry productivity with stringent environmental safety requirements and sustainable development strategies. Traditional methods of diet formulation based on crude protein content are currently recognized as insufficiently effective, as they do not account for the complex dynamics of metabolic amino acid interactions and lead to significant resource losses and excessive nitrogen excretion into the environment. This article provides a systematic analysis and generalization of modern scientific approaches to the optimization of amino acid nutrition in poultry, evaluates the effectiveness of various systems for determining nutrient bioavailability, and explores strategies for reducing anthropogenic pressure through precision diet correction. The research methodology is based on the analysis of the latest global studies in the field of nutritional science, comparison of ileal amino acid digestibility systems (AID, SIAAD, TID), and the study of the effect of exogenous enzymes on protein bioavailability. It has been established that the transition to diet formulation based on standardized ileal amino acid digestibility (SIAAD) is a fundamental condition for precision feeding, as this method accounts for basal endogenous losses and ensures high accuracy in predicting amino acid digestibility in complex feed mixtures. It is proven that the use of synthetic amino acids allows for a reduction in the dietary crude protein level by 1–3%, which contributes to a decrease in nitrogen emissions into the environment by 10–21% without compromising poultry performance or meat product quality. Particular attention is paid to the role of exogenous enzymes, the combined use of which provides a synergistic effect, increasing the digestibility of limiting amino acids by 2–8% by disrupting anti-nutritional complexes and reducing digesta viscosity. It was found that the functional significance of amino acids extends far beyond the structural synthesis of proteins: they act as critical regulators of intestinal barrier integrity, modulate the immune response, and influence the composition of the intestinal microbiota. The scientific novelty of the work lies in the comprehensive substantiation of precision nutrition as a tool for the environmental and economic stability of the industry, including the analysis of innovative in-ovo feeding technologies for programming productive potential. The practical significance of the results obtained lies in the possibility of optimizing feed formulations to reduce their cost, decrease the carbon footprint, and prevent environmental degradation.

Key words: poultry farming, amino acids, SIAAD, protein, enzymes, environmental safety.

Постановка проблеми. Сучасне птахівництво постає перед викликами одночасного підвищення продуктивності птиці, підтримання генетичного потенціалу та радикального зниження техногенного тиску на довкілля. Традиційні методи нормування раціонів за валовим протеїном не враховують складну динаміку метаболічних взаємодій амінокислот та впливу антипоживних факторів кормів, що призводить до неефективного використання ресурсів і надмірної екскреції азоту.

Вступ. Птахівництво відіграє критичну роль у глобальному забезпеченні населення високоякісним білком тваринного походження, генеруючи близько 40% світового споживання м'яса [1; 2]. За таких умов оптимізація амінокислотного живлення є фундаментальним чинником підтримки стабільності продовольчої системи, оскільки амінокислоти виступають не лише субстратом для синтезу білків, а й регуляторами росту, репродукції та імунного статусу птиці [3; 4].

На сучасному етапі розвитку птахівництва амінокислоти також розглядаються як критичні регулятори метаболізму. Фундаментальним зрушенням став перехід

від нормування раціонів за вмістом сирого протеїну до використання показників перетравних амінокислот. Введення в раціони лімітуючих незамінних та функціональних амінокислот покращує показники продуктивності, якості продукції та імунної відповіді [5]. Такий підхід дозволяє реалізувати концепцію «ідеального протеїну», забезпечуючи прецизійний розподіл поживних речовин.

Точне формування амінокислотного профілю є стратегічним інструментом сталого розвитку галузі. Зниження рівня сирого протеїну за умови балансування раціону синтетичними амінокислотами дозволяє ефективно зменшити виділення азоту без втрати продуктивності [6; 7; 8]. Це сприяє покращенню конверсії та зменшенню екологічного навантаження, пов'язаного з утилізацією органічних відходів [9; 10]. І навпаки, дисбаланс амінокислот призводить до економічних збитків та надмірної емісії азоту [11].

Сучасні технології орієнтовані на підвищення біодоступності амінокислот. Стандартизована перетравність у клубовій кишці (SIAAD) наразі визнана найбільш точним методом оцінки біодоступності амінокислот, випереджаючи традиційні методи за достовірністю при розробці раціонів [12]. Проте ефективність засвоєння амінокислот може обмежуватися антипоживними факторами та термічною обробкою кормів [13; 14]. Для вирішення цієї проблеми розробляються стратегії цільової доставки, включаючи використання хелатних форм та очищених кристалічних амінокислот, що забезпечують стабільну продуктивність в різних умовах виробництва [15; 16].

Даний огляд розкриває результати останніх досліджень у сфері амінокислотного живлення, фокусуючись на системах оцінки перетравності, інноваційних методах використання амінокислот та стратегіях екологічної оптимізації без шкоди для продуктивних якостей птиці.

Еволюція амінокислотного живлення. Історично підхід до балансування раціонів птиці базувався на показнику сирого протеїну, що є непрямим індикатором вмісту азоту. До 1980-х років, як промислові кормові добавки та економічно доцільні вільні амінокислоти, були доступні лише лізин та метіонін. Це змушувало технологів компенсувати дефіцит інших амінокислот шляхом включення великої кількості високобілкових інгредієнтів, що неминуче призводило до надлишку чи дисбалансу амінокислот та загального азоту в раціоні. Надлишок протеїну в раціоні має низку негативних наслідків: фізіологічні – підвищене споживання води, що призводить до перезволоження підстилки та посилення емісії аміаку; ветеринарні – інтенсивна ферментація азотистих сполук у товстому кишечнику погіршує стан здоров'я кишкового тракту; екологічні – надмірне виділення азоту з калом та сечею [17].

Докорінна зміна підходу відбулася завдяки розширенню ринку амінокислот що дозволило технологам оптимізувати раціони відповідно до генетичного потенціалу сучасних кросів, враховуючи специфічні умови вирощування, при цьому значно знижуючи рівень сирого протеїну.

Слід зазначити, що технології зниження вмісту сирого протеїну в раціоні активно застосовуються вже понад десятиліття, це зумовлено реалізацією «Європейського зеленого курсу» та змінами урядових політик щодо екології, які супроводжуються масштабними дослідженнями реакцій організму на низькопротеїнові раціони та вивченням потреб в азоті. Сучасний науковий інтерес зміщується в бік функціональних переваг амінокислот. Окрім росту, це підтримка цілісності слизової оболонки шлунково-кишкового тракту, модуляція імунної відповіді, регуляція поведінкових аспектів та добробуту птиці [18].

Прогнозоване на 50% зростання попиту на тваринний білок до 2050 року [19] відбувається на тлі загострення кліматичних змін, що створює загрозу продовольчій безпеці [20; 21]. У відповідь на ці виклики Європейська комісія в межах «Європейського зеленого курсу» встановила амбітні цілі: скорочення викидів парникових газів на 55% до 2030 року та зменшення використання антимікробних засобів на 50% [22]. Це змушує галузь переходити на нові аграрні практики, де ключову роль відіграє прецизійне амінокислотне живлення.

Класифікація та функціональне значення амінокислот. Класифікація амінокислот за їхніми хімічними властивостями та біологічною роллю дозволяє глибше зрозуміти їхній внесок у структуру білків, метаболізм та підтримку життєдіяльності організму. Амінокислоти, залежно від того, чи можуть вони синтезуватися заново в клітинах тіла тварин, поділяють на незамінні (EAAs) та замінні (NEAAs) [23; 24]. Незамінні амінокислоти не можуть синтезуватися організмом птиці в кількостях достатніх для забезпечення метаболічних потреб, тому вони мають надходити з кормом. До цієї групи належать лізин, метіонін, триптофан, треонін, ізолейцин, аргінін, лейцин, гістидин, фенілаланін та валін. Особливу групу становлять амінокислоти з розгалуженим ланцюгом (BCAA) – ізолейцин, валін та лейцин, які становлять близько 20% загального пулу амінокислот у білках рослинного та тваринного походження [25].

Деякі амінокислоти класифікують як умовно незамінні, оскільки їх ендогенний синтез може бути обмеженим певними фізіологічними станами або фазами розвитку. Зокрема, гліцин вважається умовно незамінним для молодняку птиці через обмежену швидкість його синтезу в цей період [26]. Аналогічно, цистеїн і тирозин стають незамінними за дефіциту їхніх попередників – метіоніну та фенілаланіну відповідно [27; 28].

Замінні амінокислоти синтезуються ендогенно, проте вони є критично важливими для регуляції метаболізму та підтримання цілісності тканин. До цієї категорії належать гліцин, серин, пролін, тирозин, аланін, глутамін, глутамат, аспартат, аспарагін та цистеїн [1, 25; 29].

Амінокислоти є фундаментальними регуляторами багатьох фізіологічних процесів, що виходять за межі простого синтезу структурних білків. Вони беруть участь у продукуванні ензимів, гормонів та ключових нейромедiatorів. У практичній нутриціології дефіцит навіть однієї незамінної амінокислоти стає лімітуючим фактором для синтезу всього білкового ланцюга, що призводить до каскадного зниження показників росту. У раціонах на основі рослинних інгредієнтів основними лімітуючими амінокислотами зазвичай виступають метіонін, лізин, треонін та триптофан [30]. Оптимальний рівень їх споживання варіюється залежно від генетики, періоду вирощування та напряму продуктивності. Порядок лімітування змінюється залежно від складу корму: раціони на основі ріпакового шроту зазвичай дефіцитні за лізином, пшенично-соеві – за лізином та треоніном, а кукурудзяно-соеві – за метіоніном [31].

Методологія вимірювання засвоюваності амінокислот. Історично склалося так, що якість білка та доступність амінокислот у кормах для тварин оцінювали за принципом різниці нутрієнтів між отриманими з кормом і виведеними в екскрементах. Однак цей підхід має критичні обмеження для птиці через значну ферментацію в сліпих кишках, яка кардинально змінює початковий амінокислотний профіль протеїну, а також через виведення азоту із сечею, що виділяється разом із калом [32]. Внаслідок цього перетравність амінокислот у клубовій кишці стала загальновизнаним стандартом. Вона дозволяє оцінити чисте поглинання

поживних речовин до того, як вони піддаються мікробній трансформації в товстому відділі кишечника [33]. Цей методологічний зсув забезпечує більш пряму та об'єктивну оцінку реальної поживної цінності корму. У сучасній нутриціології розрізняють три ключові показники ілеальної перетравності амінокислот: видиму (AID), стандартизовану (SIAAD) та справжню (TID) [34].

Видима засвоюваність амінокислот (AID) розраховується як різниця між кількістю спожитих амінокислот та загальним їх вмістом у хімусі кінцевого відділу клубової кишки [34]. Ключова особливість AID полягає в тому, що загальний потік включає як неперетравлені залишки корму, так і ендogenous амінокислоти (ферменти, слиз, злушений епітелій), які не були реабсорбовані.

Головним обмеженням AID є нездатність розрізнити ці два потоки, що призводить до систематичної недооцінки коефіцієнтів перетравності. Це особливо помітно в раціонах з низьким рівнем протеїну, або при використанні інгредієнтів з низькою біологічною цінністю, де частка ендogenous втрат у загальному потоці є домінуючою [35; 36]. Як наслідок, значення AID не є адитивними у складних рецептурах змішаних кормів де сумарна перетравність не дорівнює сумі часток окремих інгредієнтів, що робить цей показник непридатним для прецизійного складання раціонів [37].

Стандартизована засвоюваність (SIAAD) розраховується шляхом корекції значень AID лише на базальні ендogenous втрати (неминучі втрати амінокислот, що виникають внаслідок нормальних фізіологічних процесів – секреція травних ферментів, жовчі, оновлення слизової оболонки, і не залежать від специфічного складу інгредієнта) [38; 39]. Цей підхід став «золотим стандартом» завдяки своїй високій точності. Дослідження Cowieson et al., 2019 [40] продемонстрували, що якщо AID недооцінює якість кукурудзяно-соевих раціонів приблизно на 7%, то застосування SIAAD знижує похибку прогнозування до 1%. Адитивність SIAAD дозволяє нутриціологам точно балансувати раціони, включаючи інгредієнти з різною перетравністю без ризику непередбачуваних метаболічних наслідків [41].

Справжня засвоюваність (TID) спрямована на кількісну оцінку лише тих амінокислот, які були реально поглинуті з корму, шляхом корекції AID на всі ендogenous втрати і базальні, і специфічні (спричинені специфічними антинутрієнтами або характеристиками раціону – клітковина, фітати, лектини, таніни). Теоретично TID забезпечує найбільш стаке значення для кожного інгредієнта, але його практичне використання обмежене через мінливість специфічних втрат та складність їх вимірювання [38; 42]. Хоча термін TID іноді використовують як синонім до SIAAD, сучасний консенсус чітко їх розрізняє: SIAAD коригує лише на рівень базальних ендogenous втрат, що робить його більш практичним та адитивним показником для комерційного птахівництва [43].

На показники SIAAD та точність оцінки ендogenous потоку амінокислот впливає низка екзогенних та ендogenous чинників. Зокрема це методи підготовки сировини які змінюють фізико-хімічні властивості інгредієнтів, що безпосередньо відбивається на доступності амінокислот. [44]. Так, екструзія повножирової сої при температурах 90–160°C підвищує коефіцієнт перетравності лізину з 0,58 до 0,86 [45]. Надмірне нагрівання (понад 88°C впродовж 1 хв) ініціює реакції Майяра та рацемізацію амінокислот з утворенням D-ізомерів, які мають низьку біологічну цінність [46; 47; 48]. Найбільш вразливою до перегріву є ϵ -аміногрупа лізину, особливо у післяспиртовій барді та бавовняному шроті [49; 50].

Сучасні проблеми та інноваційні виклики в оптимізації живлення. Незважаючи на прогрес, зміни потреб у амінокислотах залежно від виду та стадії росту

птиці залишаються головною перешкодою для уніфікації раціонів, що вимагає впровадження систем точного їх формування [51; 52]. На біодоступність нутрієнтів суттєво впливають методи обробки сировини та присутність антипоживних речовин, що ускладнює об'єктивну оцінку рівня амінокислот у готовому кормі [53–54]. Важливим екологічним викликом є виділення азоту, як побічного продукту білкового метаболізму, надмірні його втрати призводять до емісії аміаку, що спричиняє забруднення повітря та води [55]. Оптимізація амінокислотних профілів дозволяє знизити рівень сирого протеїну, ефективно мінімізуючи екологічне навантаження [56]. Водночас вартість синтетичних амінокислот часто є обмежувальним фактором, особливо в умовах дефіциту ресурсів, що змушує виробників шукати баланс між рентабельністю та фізіологічною доцільністю [57].

Нещодавні інновації спрямовані на розробку хелатних та інкапсульованих форм амінокислот для підвищення їхньої метаболічної стабільності [58]. Дослідження підтверджують, що використання інкапсульованого L-лізину та DL-метіоніну, навіть на рівні 60–80% від встановлених норм, дозволяє підтримувати висоту ворсинок порожньої кишки та експресію транспортерів амінокислот без втрати продуктивності [59; 60]. У племінному птахівництві обмеження годівлі для регуляції репродуктивної функції часто спричиняє дефіцит метаболічних резервів, що негативно впливає на стан птиці [61; 62]. Крім того, глобальна заборона антибіотиків, як стимуляторів росту, погіршила конверсію корму, посиливши роль прецизійних раціонів на основі амінокислот у підтримці здоров'я кишечника [63].

Інноваційна стратегія *in-ovo* живлення як старт метаболічного потенціалу. Технологія *in-ovo* живлення відкриває нові можливості, забезпечуючи ембріон критичними нутрієнтами ще до вилуплення [64; 65]. Внесення 3,5 мг цистеїну на яйце на 18-й день інкубації не лише підвищує рівень виводимості, а й зміцнює антиоксидантний статус курчат. Суміш цистеїну (1,7 мг) та лізину (1 мг) забезпечує синергетичний ефект, покращуючи морфологію дванадцятипалої кишки (висоту ворсинок) та швидкість росту у стартовий період [66]. Застосування L-треоніну *in-ovo* (3 г/кг) стимулює розвиток імунних органів (селезінки та тимуса), що критично для формування ранньої імунної резистентності [67; 68].

Роль амінокислот виходить за межі прямого живлення господаря, оскільки вони є субстратом для кишкової мікрофлори. Кишкова мікробіота бере участь в обміні амінокислот, синтезуючи певні незамінні амінокислоти та ферментуючи неперетравлені залишки протеїну [69]. Неперетравлені амінокислоти, що потрапляють у товстий кишечник, можуть провокувати проліферацію патогенів, або навпаки, сприяти синтезу корисних коротколанцюгових жирних кислот [70; 71]. Зокрема, триптофан через індольні сполуки модулює імунітет слизової оболонки, а треонін є ключовим для синтезу муцину, який захищає епітелій та створює нішу для корисних бактерій (*Lactobacillus*) [72; 73].

Роль екзогенних ферментів в амінокислотному живленні. У сучасному птахівництві, де вартість білкових компонентів є домінуючою статтею витрат, екзогенні ферменти стали обов'язковим інструментом в оптимізації раціонів [74]. Вони компенсують відсутність у птиці ендогенних ензимів для розщеплення некрохмальних полісахаридів та фітатів [75].

Фітаза не лише вивільняє фосфор, а й руйнує фітат-білкові комплекси [76]. Фітинова кислота є потужним антинутрієнтом, так її високий рівень у раціоні (8,5–14,5 г/кг) може збільшити ендогенні втрати амінокислот на 68% [77]. Додавання фітази (500–1000 FTU/кг) підвищує засвоюваність загальних валіну, треоніну та ізолейцину на 2–5,6% [78], треоніну на 15,7%, а метіоніну на 5,45% [79].

Це досягається через підвищення розчинності білка та зменшення надмірної секреції муцину [80].

Протеази безпосередньо розщеплюють пептидні зв'язки, перетворюючи складні білки на пептиди та вільні амінокислоти. Введення мікробної протеази в дозі 30000 NFP/кг підвищує перетравність сирого протеїну на 2,5%, що дозволяє ефективно використовувати раціони з низьким вмістом білка [81].

Карбогідази (ксилаза, β -глюканаза) руйнують клітинні стінки рослин та знижують в'язкість хімусу [82]. Зниження в'язкості на 37% сприяє кращому контакту ендогенних ферментів із субстратом, що підвищує засвоюваність азоту та енергії [83].

Максимальний ефект досягається при поєднанні ферментів, так комбінація ксилани та фітази у пшеничних раціонах підвищує перетравність 14 амінокислот на 8,6%, що значно перевищує адитивний ефект окремих компонентів [84]. Ксиланаза полегшує доступ фітази до субстрату, розщеплюючи арабіноксилани клітинних стінок. Це дозволяє нутриціологам не лише знижувати вартість корму, а й мінімізувати екологічне навантаження через зменшення екскреції азоту в навколишнє середовище [85; 86].

Екологічні аспекти амінокислотного живлення у птахівництві. Амінокислотне живлення є ключовим важелем впливу птахівництва на довкілля [1]. Центральною ланкою цього зв'язку є метаболізм азоту – птиця виводить надлишки азоту переважно у вигляді сечової кислоти та сечовини [87]. Коли надходження амінокислот перевищує метаболічні потреби, надлишковий азот стає джерелом екологічних проблем, таких як викиди аміаку, підкислення ґрунтів та евтрофікація водойм [88]. Оптимізація амінокислотного профілю дозволяє мінімізувати ці ризики, підтримуючи при цьому високі темпи росту птиці [119].

Стратегії мінімізації екологічного навантаження базуються на впровадженні прецизійної годівлі та фазових раціонів, що дозволяють максимально точно адаптувати надходження поживних речовин відповідно до фізіологічних потреб птиці. Використання 11-фазового режиму годівлі бройлерів значно знижує споживання сирого протеїну та екскрецію азоту, не погіршуючи вихід тушки [90]. Це доводить, що точна відповідність потребам є ефективнішим за традиційні статичні раціони [91]. Перехід на критично низький рівень сирого протеїну в раціонах потребує врахування низки нових чинників живлення, так різниця у швидкості всмоктування вільних та зв'язаних амінокислот може порушувати динаміку травлення та спричиняти метаболічний дисбаланс [123]. Зокрема, необхідно контролювати співвідношення крохмалю до протеїну, що безпосередньо впливає на кінетику засвоєння поживних речовин [93]. Окрему увагу слід приділяти електролітному балансу (dEB), адже застосування лізину та гістидину у формі гідрохлоридів підвищує рівень хлоридів у організмі, що вимагає ретельного коригування складу раціону для підтримання гомеостазу [94].

Використання синтетичних амінокислот дозволяє знизити рівень загального білка в кормі, зменшуючи потребу в дорогих високобілкових інгредієнтах [95]. На кожне зниження сирого протеїну у раціоні на 1% викиди азоту в навколишнє середовище зменшуються на **10–13%** [96; 97]. Зокрема, зниження сирого протеїну з 18% до 15% у фінішних раціонах з додаванням амінокислот зменшує викиди азоту на 21% без втрати якості м'яса [98]. Додаткове введення гліцину до раціонів, з критично низьким вмістом протеїну (170–150 г/кг), дозволяє досягти зниження екскреції азоту на 16 г на кожну голову за цикл вирощування [99].

Основним економічним стимулом переходу до раціонів із низьким рівнем сирого протеїну є мінімізація використання соєвого шроту, що для країн-імпортерів

сої є не лише питанням зниження собівартості, а й шляхом до екологічної сталості через зменшення вуглецевого сліду та запобігання вирубуванню лісів [100]. Однак практична реалізація цієї стратегії стикається з низкою викликів: це і ризик зниження продуктивності внаслідок погіршення конверсії корму та виходу грудних м'язів [101]. Щодо коригування зернової бази дослідження показують, що кукурудзяні раціони забезпечують кращу конверсію корму, ніж пшеничні. Це пояснюється різною засвоюваністю крохмалю та вищою часткою незв'язаних амінокислот у пшеничних раціонах [102].

Перспективи майбутніх досліджень. Майбутній розвиток сфери амінокислотного живлення зосереджений на глибокому аналізі засвоюваності компонентів із альтернативних джерел, зокрема комах та рослинних заміників сої [103]. Паралельно значна увага приділяється дослідженню функцій кишкової мікрофлори у процесах синтезу амінокислот, що дасть змогу створювати спеціалізовані пробіотики для оптимізації обміну речовин [104; 105]. Водночас впровадження систем штучного інтелекту для оперативного моніторингу стану здоров'я птиці дозволить коригувати склад раціонів у реальному часі, що не лише підвищить ефективність годівлі, а й суттєво зменшить екологічне навантаження через мінімізацію викидів азоту та фосфору [106].

Висновки. 1. Перехід до нормування раціонів за показниками SIAAD є фундаментальною умовою прецизійного живлення, оскільки цей метод враховує базальні ендогенні втрати та забезпечує точне прогнозування засвоюваності амінокислот у складних кормосумішах.

2. Функціональне значення амінокислот виходить за межі пластичного обміну: вони виступають критичними регуляторами кишкового бар'єру, антиоксидантного захисту та імунної відповіді.

3. Використання екзогенних ферментів, або їх комбінацій забезпечує синергетичний ефект, підвищуючи засвоюваність амінокислот на 2–8% шляхом руйнування антипоживних комплексів та зниження в'язкості хімусу.

4. Впровадження низькопротеїнових раціонів, збалансованих синтетичними амінокислотами, є найбільш ефективною стратегією зниження екологічного навантаження, що дозволяє зменшити викиди азоту в довкілля на 10–21%.

5. Майбутній розвиток галузі пов'язаний із освоєнням альтернативних джерел білка, впровадженням систем штучного інтелекту для моніторингу метаболізму в реальному часі та використанням технологій *in-ovo* для програмування продуктивного потенціалу птиці.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. He W., Li P., Wu G. Amino Acid Nutrition and Metabolism in Chickens. *Adv. Exp. Med. Biol.* 2021. Vol. 1285. P. 109–131.
2. Kálmán A., Szöllösi L. Global tendencies in turkey meat production, trade and consumption. *Acta Agrar. Debreceniensis.* 2023. No. 2. P. 83–89.
3. Réhault-Godbert S., Guyot N., Nys Y. The golden egg: Nutritional value, bioactivities, and emerging benefits for human health. *Nutrients.* 2019. Vol. 11, No. 3. P. 684.
4. Coming to terms: Meat's role in a healthful diet / S. McNeill et al. *Anim. Front.* 2017. Vol. 7, No. 4. P. 34–42.
5. Kelly B., Pearce E. L. Amino Assets: How Amino Acids Support Immunity. *Cell Metab.* 2020. Vol. 32, No. 2. P. 154–175.
6. Functional properties of amino acids: Improve health status and sustainability / J. T. Lee et al. *Poult. Sci.* 2022. Vol. 102, No. 2. P. 102288.

7. Cappelaere L., Le Cour Grandmaison J., Martin N., Lambert W. Amino Acid Supplementation to Reduce Environmental Impacts of Broiler and Pig Production: A Review. *Front. Vet. Sci.* 2021. Vol. 8. P. 689259.
8. Zampiga M., Calini F., Sirri F. Importance of feed efficiency for sustainable intensification of chicken meat production: Implications and role for amino acids, feed enzymes and organic trace minerals. *World's Poult. Sci. J.* 2021. Vol. 77, No. 3. P. 639–659.
9. Reduction of nitrogen excretion and emissions from poultry: A review for conventional poultry / V. I. Chalova et al. *World's Poult. Sci. J.* 2016. Vol. 72, No. 3. P. 509–520.
10. Bailey C. A. Precision poultry nutrition and feed formulation. *Animal Agriculture*. New York, NY, USA : Academic Press, 2020. P. 367–378.
11. Kidd M. T., Maynard C. W., Mullenix G. Progress of amino acid nutrition for diet protein reduction in poultry. *J. Anim. Sci. Biotechnol.* 2021. Vol. 12. P. 45.
12. Selle P. H., Macelline S. P., Chrystal P. V., Liu S. Y. A reappraisal of amino acids in broiler chicken nutrition. *World's Poult. Sci. J.* 2023. Vol. 79, No. 3. P. 429–447.
13. Cheng S., Langrish T. A. G. A Review of the Treatments to Reduce Anti-Nutritional Factors and Fluidized Bed Drying of Pulses. *Foods*. 2025. Vol. 14, No. 5. P. 681.
14. Anti-nutritional compounds in pulses: Implications and alleviation methods / Y. Kumar et al. *Legume Sci.* 2022. Vol. 4, No. 1. P. e111.
15. Characterization of zinc amino acid complexes for zinc delivery in vitro using Caco-2 cells and enterocytes from hiPSC / A. K. Sauer et al. *Biomaterials*. 2017. Vol. 30. P. 643–661.
16. Jacob R., Afify A., Shanab S., Shalaby E. Chelated amino acids: Biomass sources, preparation, properties, and biological activities. *Biomass Convers. Biorefinery*. 2022. Vol. 14. P. 2907–2921.
17. Kriseldi R., Tillman P. B., Jiang Z., Dozier W. A. Effects of feeding reduced crude protein diets on growth performance, nitrogen excretion, and plasma uric acid concentration of broiler chicks during the starter period. *Poult. Sci.* 2018. Vol. 97, No. 5. P. 1614–1626.
18. Feeding broiler chickens with arginine above recommended levels: effects on growth performance, metabolism, and intestinal microbiota / G. Brugaletta et al. *J. Anim. Sci. Biotechnol.* 2023. Vol. 14. P. 33.
19. World Agriculture Towards 2030/2050: the 2012 Revision. *ESA Working Paper No. 12-03*. Rome : Food and Agriculture Organization (FAO), 2012. 154 p.
20. Climate change and food security: risks and responses / Food and Agriculture Organization (FAO). Rome : FAO, 2015. URL: <https://openknowledge.fao.org/items/8d799d5f-60e4-4ff9-87dd-d33289abb48> (дата звернення: 15.02.2026)
21. Severe climate change risks to food security and nutrition / A. Mirzabaev et al. *Clim. Risk. Manage.* 2023. Vol. 39. Article 100473.
22. The European Green Deal : communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions / European Commission. Brussels, 2019. URL: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en (дата звернення: 10.03.2026)
23. Mou Q., Yang H. S., Yin Y. L., Huang P. F. Amino Acids Influencing Intestinal Development and Health of the Piglets. *Animals*. 2019. Vol. 9, No. 6. P. 302.
24. Amino Acids in Swine Nutrition and Production / Q. Zhang et al. *Adv. Exp. Med. Biol.* 2021. Vol. 1285. P. 81–107.
25. New developments in fish amino acid nutrition: Towards functional and environmentally oriented aquafeeds / P. Li et al. *Amino Acids*. 2009. Vol. 37, No. 1. P. 43–53.
26. Nutritional significance of amino acids, vitamins and minerals as nutraceuticals in poultry production and health – A comprehensive review / M. Alagawany et al. *Vet. Q.* 2020. Vol. 41, No. 1. P. 1–29.

27. Methionine to cystine ratio in the total sulfur amino acid requirements and sulfur amino acid metabolism using labelled amino acid approach for broilers / L. G. Pacheco et al. *BMC Vet. Res.* 2018. Vol. 14. P. 364.
28. Nte I. J., Gunn H. H. Cysteine in Broiler Poultry Nutrition. *Bioactive Compounds – Biosynthesis, Characterization and Applications* / ed.: L. Queiroz Zepka, T. Casagrande Do Nascimento, E. Jacob-Lopes. Rijeka, Croatia : IntechOpen, 2021.
29. Gupta S. K., Giri S. S. *Biotechnological Advances in Aquaculture Health Management*. Berlin/Heidelberg, Germany : Springer, 2021. 538 p.
30. Ravindran V. Poultry feed availability and nutrition in developing countries *Advances in poultry nutrition. Poult. Dev. Rev.* 2010. Vol. 2. P. 60–63.
31. Khajali F., Slominski B. A. Factors that affect the nutritive value of canola meal for poultry. *Poult. Sci.* 2012. Vol. 91, No. 10. P. 2564–2575.
32. Influence of Age on the Standardized Ileal Amino Acid Digestibility of Corn and Barley in Broilers / M. Barua et al. *Animals*. 2021. Vol. 11, No. 12. Art. 3575.
33. Glycine regulates mucosal immunity and the intestinal microbial composition in weaned piglets / Y. Ji et al. *Amino Acids*. 2022. Vol. 54, No. 3. P. 385–398.
34. Definition of apparent, true, and standardized ileal digestibility of amino acids in pigs / H. Stein et al. *Livest. Sci.* 2007. Vol. 109, No. 1–3. P. 282–285.
35. Factors affecting endogenous amino acid flow in chickens and the need for consistency in methodology / S. A. Adedokun et al. *Poult. Sci.* 2011. Vol. 90, No. 8. P. 1737–1748.
36. Parsons C. M. Unresolved issues for amino acid digestibility in poultry nutrition. *J. Appl. Poult. Res.* 2020. Vol. 29, No. 1. P. 1–10.
37. Determination of standardised ileal digestibility of amino acids in high-fibre feedstuffs and additivity of apparent and standardised ileal amino acids digestibility of diets containing mixtures of maize, sorghum, and soybean meal / O. A. Olukosi et al. *Br. Poult. Sci.* 2023. Vol. 64, No. 3. P. 409–418.
38. Ravindran V. Progress in ileal endogenous amino acid flow research in poultry. *J. Anim. Sci. Biotechnol.* 2021. Vol. 12. P. 5.
39. McDonald P. et al. *Animal Nutrition*. 7th ed. London, UK : Pearson Education, 2021. 712 p.
40. Additivity of apparent and standardized ileal amino acid digestibility of corn and soybean meal in broiler diets / A. Cowieson et al. *Poult. Sci.* 2019. Vol. 98, No. 9. P. 3722–3728.
41. Kong C., Adeola O. Additivity of amino acid digestibility in corn and soybean meal for broiler chickens and White Pekin ducks. *Poult. Sci.* 2013. Vol. 92, No. 9. P. 2381–2388.
42. Lemme A., Ravindran V., Bryden W. L. Ileal digestibility of amino acids in feed ingredients for broilers. *World's Poult. Sci. J.* 2004. Vol. 60, No. 4. P. 423–438.
43. Yoon J. H., Kong C. Comparison of methods for estimating basal endogenous losses of amino acids and additivity of digestibility of amino acids in corn and soybean meal for broilers. *Anim. Nutr.* 2023. Vol. 15. P. 233–241.
44. Additivity of Ileal Amino Acid Digestibility in Diets Containing Corn, Soybean Meal, and Corn Distillers Dried Grains with Solubles for Male Broilers / S. H. An et al. *Animals*. 2020. Vol. 10, No. 6. Art. 933.
45. Clarke E., Wiseman J. Effects of extrusion conditions on trypsin inhibitor activity of full fat soybeans and subsequent effects on their nutritional value for young broilers. *Br. Poult. Sci.* 2007. Vol. 48, No. 6. P. 703–712.
46. The effect of varying steam conditioning temperature and time on pellet manufacture variables, true amino acid digestibility, and feed enzyme recovery / T. Boltz et al. *J. Appl. Poult. Res.* 2020. Vol. 29, No. 2. P. 328–338.
47. Treatments and Its Effect on Growth Performance and Nutrient Digestibility in Broiler Chickens / F. Hemetsberger et al. *Animals*. 2021. Vol. 11, No. 9. Art. 2668.
48. Autoclaving time-related reduction in amino acid digestibility of poultry meal in broiler chickens and growing pigs / J. Y. Sung et al. *J. Anim. Sci.* 2024. Vol. 102. Art. skad415.

49. Investigating the effect of dietary calcium levels on ileal endogenous amino acid losses and standardized ileal amino acid digestibility in broilers and laying hens / S. A. Adedokun et al. *Poult. Sci.* 2018. Vol. 97, No. 1. P. 131–139.
50. Concentrations of digestible and metabolizable energy and amino acid digestibility by growing pigs may be reduced by autoclaving soybean meal / M. S. F. Oliveira et al. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2020. Vol. 269. Art. 114621.
51. The dynamics of body composition and body energy content in broilers / J. V. Caldas et al. *Poult. Sci.* 2019. Vol. 98, No. 2. P. 866–877.
52. Assessment of the dietary amino acid profiles and the relative biomarkers for amino acid balance in the low-protein diets for broiler chickens / B. Wang et al. *J. Anim. Sci. Biotechnol.* 2024. Vol. 15. Art. 157.
53. Pratama R. I., Rostini I., Andriani Y., Dewanti L. P. A review on protein quality and bioavailability of amino acids. *Int. J. All Res. Writ.* 2021. Vol. 3, No. 3. P. 90–97.
54. Sarwar Gilani G., Wu Xiao C., Cockell K. A. Impact of Antinutritional Factors in Food Proteins on the Digestibility of Protein and the Bioavailability of Amino Acids and on Protein Quality. *Br. J. Nutr.* 2012. Vol. 108, No. S2. P. S315–S332.
55. Effect of dietary protein level on nitrogen excretion in dry cows / P. A. Madsen et al. *Livest. Sci.* 2022. Vol. 262. Art. 104972.
56. Precision feeding and precision nutrition: A paradigm shift in broiler feed formulation? / A. F. Moss et al. *Anim. Biosci.* 2021. Vol. 34, No. 3. P. 354–362.
57. Burley H. K., Patterson P. H., Anderson K. E. Alternative ingredients for providing adequate methionine in organic poultry diets in the United States with limited synthetic amino acid use. *World's Poult. Sci. J.* 2015. Vol. 71, No. 3. P. 493–504.
58. Nano-encapsulation of essential amino acids: Ruminal methane, carbon monoxide, hydrogen sulfide and fermentation / J. A. C. De Jesús et al. *AMB Express.* 2024. Vol. 14. Art. 109.
59. Encapsulated crystalline lysine and DL-methionine have higher efficiency than the crystalline form in broilers / M. Sun et al. *Poult. Sci.* 2020. Vol. 99, No. 12. P. 6914–6924.
60. Use of encapsulated L-lysine-HCl and DL-methionine improves postprandial amino acid balance in laying hens / M. Sun et al. *J. Anim. Sci.* 2020. Vol. 98. Art. skaa315.
61. Korver D. R. Review: Current challenges in poultry nutrition, health, and welfare. *Animal.* 2023. Vol. 17, No. S1. Art. 100755.
62. Evolution of maternal feed restriction practices over 60 years of selection for broiler productivity / V. L. Carney et al. *Poult. Sci.* 2022. Vol. 101, No. 8. Art. 101957.
63. Withdrawal of antibiotic growth promoters from broiler diets: Performance indexes and economic impact / K. Maria Cardinal et al. *Poult. Sci.* 2019. Vol. 98, No. 12. P. 6659–6667.
64. Das R., Mishra P., Jha R. In ovo Feeding as a Tool for Improving Performance and Gut Health of Poultry: A Review. *Front. Vet. Sci.* 2021. Vol. 8. Art. 754246.
65. In ovo feeding technique of probiotics in broiler chickens: Achievements, Prospective and Challenges / M. M. N. Ahmed et al. *SVU-Int. J. Agric. Sci.* 2023. Vol. 5, No. 2. P. 95–126.
66. Evaluation of in ovo feeding of low or high mixtures of cysteine and lysine on performance, intestinal morphology and physiological responses of thermal-challenged broiler embryos / O. I. Ajayi et al. *Front. Physiol.* 2022. Vol. 13. Art. 972041.
67. Eisa G. et al. Effect of In ovo Injection of L-Threonine on Hatchability Followed by post-hatch Extra Level of Dietary Threonine on the Performance of Broilers. *J. Adv. Vet. Res.* 2022. Vol. 12, No. 5. P. 605–612.
68. In ovo feeding: A review / L. K. Silva Alves et al. *Veterinária Notícias.* 2020. Vol. 26, No. 1. Art. 18.
69. Fermentation and Metabolism of Dietary Protein by Intestinal Microorganisms / K. Zhang et al. *Curr. Protein Pept. Sci.* 2020. Vol. 21, No. 8. P. 807–811.
70. Systematic profiling of the chicken gut microbiome reveals dietary supplementation with antibiotics alters expression of multiple microbial pathways with

minimal impact on community structure / A. Zou et al. *Microbiome*. 2022. Vol. 10. Art. 127.

71. Metabolites of dietary protein and peptides by intestinal microbes and their impacts on gut / P. Fan et al. *Curr. Protein Pept. Sci.* 2015. Vol. 16, No. 7. P. 646–654.

72. Methionine alters the fecal microbiota and enhances the antioxidant capacity of lactating donkeys / F. Huang et al. *Animals*. 2025. Vol. 15, No. 5. Art. 648.

73. D-methionine alleviates cisplatin-induced mucositis by restoring the gut microbiota structure and improving intestinal inflammation / C. H. Wu et al. *Ther. Adv. Med. Oncol.* 2019. Vol. 11. Art. 1758835918821021.

74. Worm meal: A potential source of alternative protein in poultry feed / S. Khan et al. *World's Poult. Sci. J.* 2016. Vol. 72, No. 1. P. 93–102.

75. Exogenous Enzymes as Zootechnical Additives in Animal Feed: A Review / B. S. Velázquez-De Lucio et al. *Catalysts*. 2021. Vol. 11, No. 7. Art. 851.

76. Vats P. Production studies and catalytic properties of phytases (myo-inositolhexakisphosphate phosphohydrolases): An overview. *Enzym. Microb. Technol.* 2004. Vol. 35, No. 1. P. 3–14.

77. Cowieson A., Ravindran V. Effect of phytic acid and microbial phytase on the flow and amino acid composition of endogenous protein at the terminal ileum of growing broiler chickens. *Br. J. Nutr.* 2007. Vol. 98, No. 4. P. 745–752.

78. Influence of an Escherichia coli-Derived Phytase on Nutrient Utilization in Broiler Starters Fed Diets Containing Varying Concentrations of Phytic Acid / V. Ravindran et al. *Poult. Sci.* 2006. Vol. 85, No. 1. P. 82–89.

79. Effect of calcium level and phytase addition on ileal phytate degradation and amino acid digestibility of broilers fed corn-based diets / A. M. Amerah et al. *Poult. Sci.* 2014. Vol. 93, No. 4. P. 906–915.

80. Phytate and phytase: Consequences for protein utilisation / P. H. Selle et al. *Nutr. Res. Rev.* 2000. Vol. 13, No. 2. P. 255–278.

81. Effects of protease enzyme supplementation and varying levels of amino acid inclusion on productive performance, egg quality, and amino acid digestibility in laying hens from 30 to 50 weeks of age / I. Poudel et al. *Poult. Sci.* 2023. Vol. 102, No. 3. Art. 102465.

82. Ojha B. K., Singh P. K., Shrivastava N. Chapter 7 – Enzymes in the Animal Feed Industry. *Enzymes in Food Biotechnology* / ed. M. Kuddus. Cambridge, MA : Academic Press, 2019. P. 93–109.

83. Moita V. H. C., Kim S. W. Nutritional and Functional Roles of Phytase and Xylanase Enhancing the Intestinal Health and Growth of Nursery Pigs and Broiler Chickens. *Animals*. 2022. Vol. 12, No. 23. Art. 3322.

84. Beneficial effects of xylanase and/or phytase inclusions on ileal amino acid digestibility, energy utilisation, mineral retention and growth performance in wheat-based broiler diets / P. H. Selle et al. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2009. Vol. 153, No. 3-4. P. 303–313.

85. Effects of Low-Protein Diets and Exogenous Protease on Growth Performance, Carcass Traits, Intestinal Morphology, Cecal Volatile Fatty Acids and Serum Parameters in Broilers / G. Ndazigaruye et al. *Animals*. 2019. Vol. 9, No. 5. Art. 226.

86. Effect of Protease Supplementation on Growth Performances, Carcass and Meat Quality Characteristics of Broiler Chicken Fed with Low Protein Diets / T. D. L. M. Sumanasekara et al. *Sri Lankan J. Agric. Ecosyst.* 2020. Vol. 2, No. 1. P. 122–140.

87. Effect of Feeding Low Protein Diets on the Production Traits and the Nitrogen Composition of Excreta of Broiler Chickens / N. Such et al. *Agriculture*. 2021. Vol. 11, No. 8. Art. 781.

88. Meadows R. Curbing livestock emissions: Ammonia, greenhouse gases, and odors. *CSA News*. 2016. Vol. 61, No. 5. P. 8–11.

89. Amino Acid Supplementation to Reduce Environmental Impacts of Broiler and Pig Production: A Review / L. Cappelaere et al. *Front. Vet. Sci.* 2021. Vol. 8. Art. 689259.

90. Growth performance and nitrogen excretion of broilers using a phase-feeding approach from twenty-one to sixty-three days of age / T. Pope et al. *Poult. Sci.* 2004. Vol. 83, No. 4. P. 676–682.
91. Precision feeding and precision nutrition: A paradigm shift in broiler feed formulation? / A. F. Moss et al. *Anim. Biosci.* 2021. Vol. 34, No. 3. P. 354–362.
92. Feeding intact proteins, peptides, or free amino acids to monogastric farm animals / F. A. Eugenio et al. *Amino Acids*. 2022. Vol. 54, No. 2. P. 157–168.
93. The influence of non-bound amino acid inclusions and starch-protein digestive dynamics on growth performance of broiler chickens offered wheat-based diets with two crude protein concentrations / S. P. Macelline et al. *Anim. Nutr.* 2023. Vol. 15. P. 399–408.
94. Reducing dietary crude protein in broiler diets positively affects litter quality without compromising growth performance whereas a reduction in dietary electrolyte balance further improves litter quality but worsens feed efficiency / W. Lambert et al. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2023. Vol. 297. Art. 115571.
95. Oluwabiye C. T., Song Z. Branched-chain amino acids supplementation in low-protein broiler diets: A review. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2024. Vol. 318. Art. 116114.
96. Reducing the CP content in broiler feeds: Impact on animal performance, meat quality and nitrogen utilization / P. Belloir et al. *Animal*. 2017. Vol. 11, No. 11. P. 1881–1889.
97. Meta-analysis of the effect of low-protein diets on the growth performance, nitrogen excretion, and fat deposition in broilers / T. de Rauglaudre et al. *Front. Anim. Sci.* 2023. Vol. 4. Art. 1152061.
98. Multiple Amino Acid Supplementations to Low-Protein Diets: Effect on Performance, Carcass Yield, Meat Quality and Nitrogen Excretion of Finishing Broilers under Hot Climate Conditions / Y. A. Attia et al. *Animals*. 2020. Vol. 10, No. 6. Art. 973.
99. Low-protein diets for broilers: Current knowledge and potential strategies to improve performance and health, and to reduce environmental impact / T. Woyengo et al. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2023. Vol. 297. Art. 115574.
100. Massive soybean expansion in South America since 2000 and implications for conservation / X. P. Song et al. *Nat. Sustain.* 2021. Vol. 4, No. 9. P. 784–792.
101. Effect of low protein diets supplemented with free amino acids on growth performance, slaughter yield, litter quality, and footpad lesions of male broilers / J. van Harn et al. *Poult. Sci.* 2019. Vol. 98, No. 10. P. 4868–4877.
102. Maize-based diets are more conducive to crude protein reductions than wheat-based diets for broiler chickens / P. V. Chrystal et al. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2021. Vol. 275. Art. 114867.
103. Insect Meal as an Alternative to Protein Concentrates in Poultry Nutrition with Future Perspectives (An Updated Review) / Q. U. A. Sajid et al. *Agriculture*. 2023. Vol. 13, No. 6. Art. 1239.
104. Salter A. M., Lopez-Viso C. Role of novel protein sources in sustainably meeting future global requirements. *Proc. Nutr. Soc.* 2021. Vol. 80, No. 2. P. 186–194.
105. Chicken Gut Microbiota: Importance and Detection Technology / Y. Shang et al. *Front. Vet. Sci.* 2018. Vol. 5. Art. 254.
106. Reduction of nitrogen excretion and emissions from poultry: A review for conventional poultry / V. I. Chalova et al. *World's Poult. Sci. J.* 2016. Vol. 72, No. 3. P. 509–520.

Дата першого надходження статті до видання: 01.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 633.14

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.1.26>

ЖИТО ОЗИМЕ ГІБРИДНЕ (*SECALE CEREALE L.*) – НОВА КОРМОВА КУЛЬТУРА В УКРАЇНІ

Білоус А.М. – аспірант НУБіП, фахівець з годівлі,
Департамент розвитку продуктів та агросервісу,
ТОВ «КВС-Україна»
orcid.org/0009-0005-0237-7009

Сеник І.І. – д.с.-г.н., с.н.с., професор кафедри агробіотехнологій,
Західноукраїнський національний університет
orcid.org/0000-0003-4756-7824

Карасевич Н.В. – PhD, с.н.с.,
Інститут сільського господарства Карпатського регіону
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-1416-559X

Воробець С.Б. – заступник завідувача
науково-технологічного відділу економічних досліджень
та інформаційно аналітичної роботи
Тернопільської державної сільськогосподарської дослідної станції,
Інститут сільського господарства Карпатського регіону
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0009-0003-4087-8301

Анотація. В умовах глобальних кліматичних змін, збільшення викидів парникових газів, нестачі продуктів харчування особливо тваринного походження важливим є переорієнтація виробництва на багатогранні культури які будуть адаптовані до несприятливих погодних умов, забезпечуватимуть формування високого урожаю, додаткову секвестрацію діоксиду вуглецю за рахунок можливості вирощування двох урожаїв на рік з однієї площі та сприятимуть забезпеченню продовольчої безпеки. Однією з таких культур є озиме жито гібридне. **Метою досліджень** є вивчення питання перспективності вирощування жита озимого гібридного на кормові цілі в умовах України. **Матеріали та методика досліджень.** Дослідження проводилися шляхом опрацювання спеціалізованих інформаційних ресурсів та експериментальних даних компанії KWS. **Результати.** Встановлено, що посівні площі озимих зернових культур на зелений корм в Україні становлять 914,3-1497,8 тис. га залежно від року досліджень. Зміна обсягів вирощування зумовлена динамікою поголів'я сільськогосподарських тварин у господарствах та власне урожайністю самих культур. Спостерігається чітка тенденція до зростання посівних площ жита озимого гібридного яке вирощується на зелений корм та силос. Це зумовлене його високою кормовою цінністю – вмістом сирого протеїну в силосі 13,2-17,8%, сирій клітковини – 22,3-25,2%, сирого жиру 3,8-4,2%, неструктурованих вуглеводів – 20,2-20,9%. Чиста енергія лактації при цьому становить 6,68-6,91 МДж, а перетравність органічної речовини – 76,2-78,8%. **Висновки.** Серед різноманіття кормових культур, що вирощуються в Україні, особливо увагу привертає відносно нова, але перспективна культура – жито озиме гібридне. Упродовж останнього десятиліття його поширення у господарствах різних форм власності істотно зросло. Так, площі посівів цієї культури збільшилися майже у 29 разів – з близько 2 тис. га у 2016 році до 58 тис. га у 2025 році. Одночасно суттєво зросла і його частка у структурі озимих культур, що вирощуються на зелений корм: із 0,22% до 4,42%, тобто майже у 20 разів. Це вказує на зацікавленість українських товаровиробників сільськогосподарської продукції у даній культурі та значні перспективи збільшення обсягів його вирощування.

Ключові слова: жито озиме гібридне, кормові культури, якість корму, годівля.



© Білоус А.М., Сеник І.І., Карасевич Н.В., Воробець С.Б., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Bilous A.M., Senyk I.I., Karasevych N.V., Vorobets S.B. Hybrid winter rye (*Secale cereale* L.) – a new forage crop in Ukraine

Abstract. Against the backdrop of global climate change, rising greenhouse gas emissions and food shortages particularly of animal origin it is vital to shift production towards versatile crops that are adapted to adverse weather conditions, ensure high yields, additional carbon dioxide sequestration through the possibility of growing two crops per year per unit area, and contribute to food security. One such crop is hybrid winter rye.

The aim of the study is to investigate the viability of growing hybrid winter rye for fodder purposes in Ukraine. **Materials and methods.** The study was conducted by analysing specialized information resources and experimental data from the KWS company.

Results. It has been established that the area under winter cereals grown for green fodder in Ukraine ranges from 914.3 to 1,497.8 thousand hectares, depending on the year of the study. Changes in cultivation volumes are determined by fluctuations in livestock numbers on farms and the yield of the crops themselves. There is a clear trend towards an increase in the area under hybrid winter rye grown for green fodder and silage. This is due to its high feed value – the silage contains 13.2–17.8% crude protein, 22.3–25.2% crude fibre, 3.8–4.2% crude fat and 20.2–20.9% non-structured carbohydrates. The net energy for lactation is 6.68–6.91 MJ, and the digestibility of organic matter is 76.2–78.8%.

Conclusions. Among the wide variety of forage crops grown in Ukraine, a relatively new but promising crop—hybrid winter rye—attracts particular attention. Over the last decade, its cultivation on farms of various ownership types has increased significantly. Indeed, the area under this crop has increased almost 29-fold – from around 2,000 ha in 2016 to 58,000 ha in 2025. At the same time, its share in the structure of winter crops grown for green fodder has also risen significantly: from 0.22% to 4.42%, i.e. almost 20-fold. This indicates the interest of Ukrainian agricultural producers in this crop and the significant prospects for increasing its cultivation.

Key words: hybrid winter rye, forage crops, forage quality, feeding.

Постановка проблеми. Друга половина XX-початок XXI століття у загальнопланетарному масштабі відзначаються всебічною індустріалізацією, яка крім позитивного впливу на добробут населення зумовила появу проблем всеохоплюючого масштабу, до яких належить зокрема зростання чисельності населення та зумовлене ним недостатнє забезпечення продуктами харчування, зростання вмісту парникових газів в атмосфері та глобальне потепління [1].

Зазначені проблеми набули загрозливого характеру і в певній мірі загрожують існуванню самого людства. Тому на сьогоднішній вирішення зазначених проблем потребує прийняття рішень, які б сприяли зменшенню їх негативного впливу у глобальному вимірі [2-5].

Одним із шляхів вирішення даного питання є перегляд стратегії ведення сільськогосподарського виробництва із фокусуванням уваги на зменшення антропогенного навантаження на навколишнє середовище.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Саме аграрне виробництво є унікальною галуззю, яка здатна завдяки процесам фотосинтезу секвеструвати діоксид вуглецю із атмосфери акумулюючи його у рослинній біомасі і забезпечувати при цьому населення продуктами харчування. Із понад півтори тисячі культур, які вирощуються у світовому землеробстві, найбільшого поширення набули цукрова тростина 20% загального обсягу виробництва або 2,0 млрд. тонн, кукурудза 13% – 1,2 млрд. тонн, пшениця – 8%, що становить 0,8 млрд. тонн, рис – 8% або 0,8 млрд тонн [6].

Всі решту культури займають 43% світового виробництва сільськогосподарської продукції. Частину цієї кількості займає продукція жита озимого. Незважаючи на невеликі його посівні площі в світі, які становлять близько 4,33 млн. га, цінність даної культури важко переоцінити [7].

Загальнопланетарне виробництво зазначеної культури зосереджене у так званому «житньому поясі», до нього належать країни Північної та Східної Європи,

зокрема Німеччина, Польща, держави Північної Європи, країни Балтії, Білорусь, Україна, Австрія, Чехія та Словаччина. Крім того, певні обсяги жита вирощують також у Канаді та Сполучених Штатах Америки. У межах житнього поясу отримане зерно здебільшого використовують для виробництва хлібопекарського борошна. Воно надає хлібобулочним виробам характерного смаку та водночас вважається корисним для організму людини [8].

Озиме жито в Україні є важливою зерновою культурою, яку вирощують із різною господарською метою. Основними напрямками його використання є одержання продовольчого та кормового зерна, а також формування зеленої маси, що застосовується у годівлі сільськогосподарських тварин або використовується для заготівлі сінажу [9, 10].

Завдяки своїм біологічним особливостям, при вирощуванні на зелений корм та силос урожай збирається у квітні-травні і є всі передумови для висівання післяукісних культур. А саме жито секвеструє атмосферний карбон протягом осіннього та весняного періоду, зменшуючи цим самим вміст його в навколишньому середовищі [11].

Воно належить до важливих зернових культур, що характеризуються невибагливістю до умов вирощування. Воно здатне формувати врожай на малородючих ґрунтах, відзначається підвищеною посухо- та морозостійкістю, а також відносною стійкістю до ураження хворобами і пошкодження шкідниками. Завдяки цим біологічним особливостям культура належить до групи сільськогосподарських культур із найменшим виробничим ризиком [12].

Своєрідним «житнім поясом» в Україні є північні і західні регіони, зокрема Житомирська, Волинська, Чернігівська, Рівненська, Київська, Сумська, Хмельницька та інші області [13, 14].

Питанню вирощування озимого жита на кормові цілі присвячено багато досліджень, які висвітлено у наукових публікаціях [15-18].

У них висвітлюються питання норм висіву, удобрення, компонентного складу травосумішок, передпосівної обробки насіння та інших технологічних заходів вирощування.

Проте зазначені публікації присвячені виключно сортам жита озимого, які тривалий період були традиційними у вітчизняному рослинництві та кормовиробництві

Метою досліджень є вивчення питання перспективності вирощування жита озимого гібридного на кормові цілі в умовах України.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження проводилися шляхом опрацювання спеціалізованих інформаційних ресурсів та експериментальних даних компанії KWS.

Результати досліджень. Озимі кормові культури, які вирощуються на зелений корм та силос є важливою складовою частиною кормової бази для тваринництва в Україні. Вони забезпечують надходження кормів у найраніші терміни весною і після їх збирання є можливість висівати післяукісні культури, отримуючи таким чином два урожаї за рік з однієї площі. За даними Державної служби статистики України, посівні площі озимих культур на зелений корм (знаходяться фактично на одному рівні із незначними відхиленнями за роки досліджень, (рис. 1).

Спостерігається незначне зростання посівних площ із 914,3 тис. га у 2016 році до 1467,8 тис. га у 2022 році. Протягом 2024-2025 рр. обсяги вирощування озимих зернових культур знаходилися на рівні 1288,9-1311,5 тис. га. Зазначене варіювання зумовлене динамікою поголів'я сільськогосподарських тварин у господарствах та власне урожайністю самих культур.

В групі озимих культур, які вирощуються на зелений корм та сінаж важливе місце займає жито озиме. Станом на березень 2026 року у Державний реєстр сортів придатних до поширення в Україні включено 94 представники роду *Secale cereale* L., з них 48 сортів і 46 гібридів. Починаючи з 2014 року у виробничу практику

поступово впроваджуються гібриди жита, створені селекційною компанією KWS [20].

Поява гібридних форм зумовила певні зміни у технологічних підходах до вирощування цієї культури.

Однією з важливих особливостей гібридного озимого жита є зменшена норма висіву насіння. Зазвичай вона становить близько 2,0 млн схожих насінин на 1 га, тоді як для сортових посівів цей показник переважно перебуває в межах 4,5–5,0 млн/га [21].

Проте, незважаючи на дану технологічну особливість жито озиме гібридне, особливо силосного напрямку використання з кожним роком набуває все більшого поширення, (рис. 2)

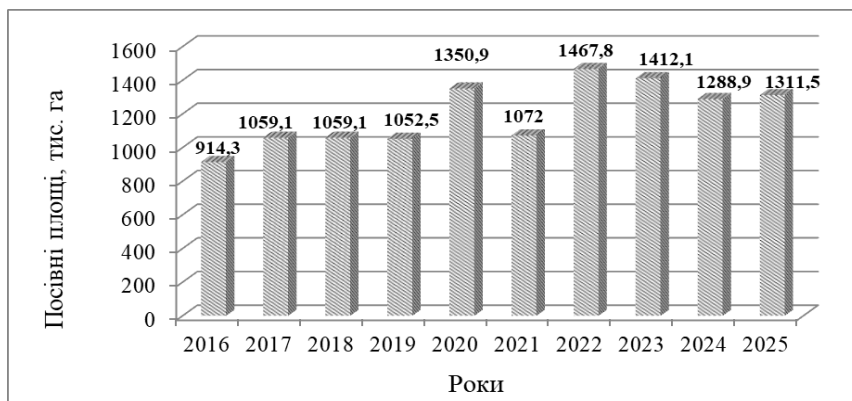


Рис. 1. Динаміка посівних площ озимих культур на зелений корм, тис. га [19]

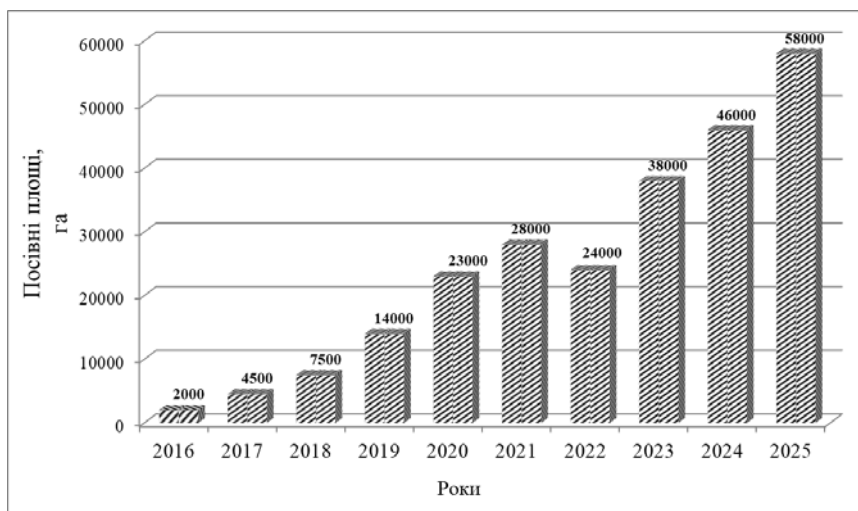


Рис. 2. Динаміка посівних площ жита озимого гібридного вирощуванні на силос (власні дослідження авторів)

У 2016 році, посівні площі жита озимого гібридного, яке вирощувалося на силос становили 2000 га, що в межах України було дуже низьким, проте цілком закономірним показником, оскільки на той час це була нова, нікому невідома і не апробована у виробництві культура. Першим гібридом був КВС Пікассо F1.

Протягом 2017-2025 років відбувається поступове зростання посівних площ жита озимого гібридного, які становили: 4500 га у 2017 році, 7500 га у 2018 році, 14000 га у 2019 році. Починаючи із 2020 року в Україні спостерігається стрімке збільшення обсягів вирощування цієї нової для нас культури. Так, у 2020 році зазначений показник знаходився на рівні 23000 га, у 2023 – 38000 га, у 2024 – 46000 і у 2025 – 58000 га.

В структурі посівів озимих культур на зелений корм, жито озиме гібридне займає 0,22-4,42%, (рис. 3)

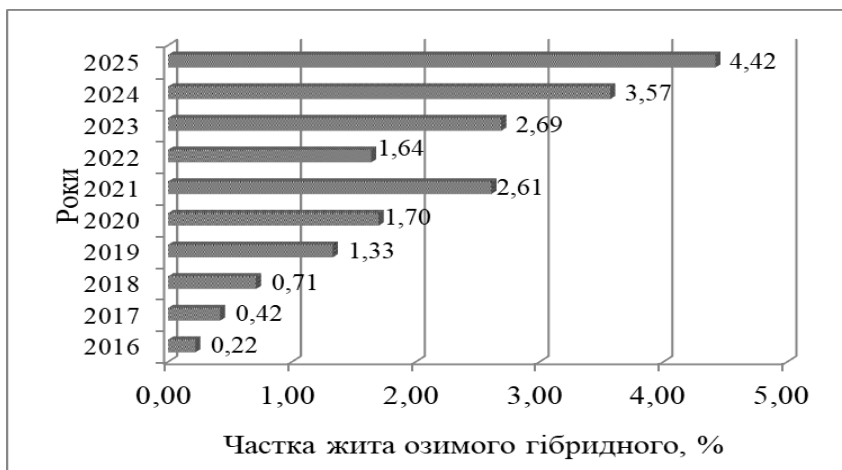


Рис. 3. Частка жита озимого у структурі посівів озимих культур на зелений корм, %

На початку впровадження у виробництво цієї нової для нашої країни культури, її частка у посівах озимих культур на зелений корм становила 0,22%, в той же час у 2025 році зазначений показник знаходився на рівні 4,42%. Спостерігається збільшення дольової участі у посівах за останні десять років в двадцять разів. Це свідчить про перспективність вирощування жита озимого гібридного та високу зацікавленість агровиробників у даній культурі.

Однією із причин зростання його посівів є високі показники кормової цінності [22], (табл. 1).

За аналітичними даними компанії KWS, при скошуванні жита озимого гібридного у фазі BBCH 37-39, де було проаналізовано 78 зразків, в заготовленому житньому силосі містилося 19,8% сирого протеїну, 4,2% сирого жиру, 22,3% сирової клітковини, 10,8% сирової золи, НДК та КДК відповідно 44,3 та 26,4%, лігніну 1,82%. Перетравність органічної речовини становила 78,8%. Чиста енергія лактації 6,91 МДж, а середній вихід сухої речовини з одиниці площі знаходився на рівні 4,82 т/га.

Зміщення строків скошування жита озимого у більш пізні фази вегетації – початок колосіння (BBCH 39-51) зумовило зміну показників кормової цінності силосу, що проявилось у зменшенні вмісту сирого протеїну до 17,8%, жиру до

3,8%, неструктурованих вуглеводів до 20,2%, перетравності органічної речовини знизилася до рівня 76,2%, чиста енергія лактації – до 6,68МДж. В той же час спостерігається зростання вмісту сирової клітковини до 25,2%, НДК і КДК до 28,2%, лігніну – до 2,34%, виходу сухої речовини – до 6,73 т/га.

Таблиця 1

**Кормова цінність силосу жита озимого гібридного
(власні дослідження авторів)**

Показник	Фаза заготівлі кормів		
	ВВСН 37-39 (n=78)	ВВСН 39-51 (n=284)	ВВСН 51-59 (n=168)
Загальний сирий протеїн, %	19,8	17,8	13,2
Сирий жир, %	4,2	3,8	3,4
Сира клітковина, %	22,3	25,2	34,6
Сира зола, %	10,8	9,8	9,2
Неструктуровані вуглеводи, %	20,9	20,2	17,8
Нейтрально-детергентна клітковина (НДК), %	44,3	48,4	56,4
Кислотно-детергентна клітковина, %	26,4	28,2	38,6
Лігнін, %	1,82	2,34	3,61
Перетравність органічної речовини, %	78,8	76,2	70,8
Чиста енергія лактації, МДж	6,91	6,68	6,18
Вихід сухої речовини, т/га	4,82	6,73	8,88

Заготівля житнього силосу у період колосіння (ВВСН 51-59) спричинила подальше зниження показників його якості, що проявилася у підвищенні в кормі сирової клітковини до 34,6%, НДК і КДК до 56,4 та 38,6%, лігніну – до 3,61%. Вихід сухої речовини з 1 га знаходився на рівні – 8,8 т. В той же час, вміст в силосі сирого протеїну, сирого жиру, сирової золи, неструктурованих вуглеводів зменшився до показника відповідно 13,2; 3,4; 9,2 та 17,8%. Перетравність органічної речовини при цьому становила 70,8%, а чиста енергія лактації – 6,18 МДж.

Державним стандартом України ДСТУ 4782:2007 «Силос із зелених рослин. Технічні умови» [23] встановлено вимоги до якості даного виду корму. Ним, зокрема, регламентовано вміст сирого протеїну, сирової клітковини у силосі. Проведена порівняльна оцінка показників якості зазначеного корму заготовленого у різні фази вегетації із нормативним документом свідчить про можливість його заготівлі протягом тривалого періоду вегетації – від фази ВВСН 37-39 до ВВСН 39-51 із можливістю отримання корму I класу якості відповідно до українських вимог, (табл. 2).

Відповідно до діючого Стандарту першокласним силосом вважається такий, вміст сирого протеїну в якому становить не менше 10%, а сирової клітковини не більше 29%. Фактичні показники якості силосу із жита озимого гібридного відповідають зазначеним вимогам при його заготівлі від фази «прапорцевого листка до початку колосіння. Це забезпечує конвеєрне надходження сировини для заготівлі кормів та дозволяє ефективніше використовувати заготівельну сільськогосподарську техніку в господарствах.

Таблиця 2

**Порівняльна оцінка якісних показників житнього силосу із ДСТУ 4782:2007
«Силос із зелених рослин. Технічні умови»**

Показники	Фази заготівлі кормів			ДСТУ 4782:2007 «Силос із зелених рослин. Технічні умови»		
	ВВСН 37-39	ВВСН 39-51	ВВСН 51-59	I клас	II клас	III клас
Загальний сирий протеїн, %	19,8	17,8	13,2	10	9	8
Сира клітковина, %	22,3	25,2	34,6	29	32	35

Висновки. Серед широкого різноманіття кормових культур, які вирощуються в Україні заслуговує на увагу нова та водночас перспективна культура – жито озиме гібридне. За десять років вирощування у агроформуваннях різних форм власності його посівні площі збільшилися у 29 разів – із 2 тис. га у 2016 році до 58 тис. га у 2025 році, а його частка у структурі посівів озимих культур, які вирощуються на зелений корм зросла у 20 разів – із 0,22 до 4,42%. Завдяки своїм біологічним особливостям, вирощування жита озимого гібридного дозволяє заготовляти високоякісні корми протягом тривалого періоду його вегетації – від фази ВВСН 37-39 до ВВСН 39-51 із можливістю отримання корму I класу якості відповідно до українських вимог.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Волошина С.В., Москаленко К.С. Глобальні проблеми людства початку XXI століття та їх пріоритетність. Вісник ДонНУЕТ 2017 № 1(66). С. 77-85.
2. Carbon Dioxide. URL: <https://climate.nasa.gov/vital-signs/carbon-dioxide/?intent=121>. (Дата зверення 18.03.2026).
3. Global Issues. URL: <https://www.un.org/en/global-issues>. (Дата зверення 16.03.2026).
4. Global land-ocean temperature index. URL: https://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs/graph_data/Global_Mean_Estimates_based_on_Land_and_Ocean_Data/graph.txt(Дата зверення 16.03.2026).
5. Global Temperature. URL: <https://climate.nasa.gov/vital-signs/global-temperature/?intent=121> (Дата зверення 18.03.2026).
6. FAO. 2025. World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2025. Rome. URL: <https://doi.org/10.4060/cd4313en>. (Дата зверення 18.03.2026).
7. Байдала В.В., Мірзоева Т.В. Обґрунтування потенціалу жита в контексті розвитку нішевого виробництва. Економіка і управління бізнесом. 2023. Том 14. №3. С. 17-33. [https://doi.org/10.31548/economics14\(3\).2023.017](https://doi.org/10.31548/economics14(3).2023.017)
8. Rye production (2020). URL: <https://www.yara.co.uk/crop-nutrition/rye/rye-production/>(Дата зверення 18.03.2026).
9. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур: підручник. 5-те вид., виправ. і допов. Львів: НВФ "Українські технології", 2020. 806 с.
10. Макаренко П. С. Лучне і польове кормовиробництво : навчальне видання. Вінниця : ФОП Данилюк В. Г., 2008. 548 с.
11. Белова І., Шувар А., Сенік І., Сидорук Б., Ярошук О. Застосування європейських підходів для ефективного використання агрокліматичного потенціалу регіону (на прикладі Тернопільської області). Економічний аналіз. 2024. Том 34. № 4. С. 315-323. DOI: <https://doi.org/10.35774/econa2024.04.315>

12. Білявська Л. Г., Білявський Ю. В. Сучасний стан насінництва жита озимого в Україні. Вісник Полтавської державної аграрної академії. Сільське господарство. Рослинництво. 2021. № 2. С. 67–73. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.02.08>.
13. Savchuk O.I. et al. Winter rye in crop rotation using an organic growing method. Ahropromyslove vyrobnytstvo Polissia. Zemlerobstvo. 2015. Issue 8. P. 24–27
14. Zhuravel S. V. et al. Modern organic technologies for growing winter rye in short-rotation crop rotation in the Polesie region. Sciences of Europe. 2023. №. 109. P. 3–8. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.7560267>
15. Дудка М. І. Продуктивність сумісних агроценозів озимого жита з тифоном в умовах північної підзони Степу України. Бюл. Ін-ту зернового господарства УААН. Дніпропетровськ, 2007. №№ 31–32. С. 99–104
16. Дудка М. І. Кормова продуктивність сумісних агрофітоценозів жита озимого з тифоном залежно від норми висіву, способу сівби та співвідношення компонентів. Бюл. Ін-ту сільського господарства степової зони НААН. Дніпропетровськ : Нова ідеологія, 2015. № 8. С. 127–133.
17. Сенік І.І. Кормова продуктивність озимих кормових агрофітоценозів залежно від елементів технології вирощування. Подільський вісник. Кам'янецьПодільський, 2020. Вип. 32. С. 68–72.
18. Рихлівський І.П., Філь І.В. Урожайність зерна озимого жита залежно від норм висіву насіння та строків внесення мінеральних добрив в умовах агрокомпанії «Дружба» Тернопільської області. Подільський науковий вісник. 2023. №39. С. 7–14
19. Площі, валові збори та урожайність сільськогосподарських культур. Державна служба статистики України. URL: https://stat.gov.ua/uk/explorer?urn=SSSU%3ADF_AREA_HARVESTS_CROP_YIELD_A%28~%29(Дата звернення: 17.03. 2026).
20. Державний реєстр сортів рослин придатних для поширення в Україні : Український інститут експертизи сортів рослин. URL: <https://sops.gov.ua/derzavniy-reestr> (Дата звернення: 26.03. 2026).
21. Каталог гібридів озимого жита компанії KWS. https://www.kws.com/ua/media/katalog-gibrydiv-ozumogo-zhyta_2025.pdf(Дата звернення: 26.03. 2026).
22. Шевчук О.А., Ковальчук І.В., Шиян М.О., Ковальчук І.І. Основний корм з гібридного озимого жита: заготівля, якість та використання у годівлі молочних корів. Вісн. Сумського нац. ун-ту. Сер. Тваринництво. – 2021. Вип. 2(45). С. 153–158. DOI: <https://doi.org/10.32845/bsnau.lvst.2021.2.23>
23. ДСТУ 4782:2007 Силос із зелених рослин. Технічні умови. Чинний від 01.01.2009. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2009. 14 с

Дата першого надходження статті до видання: 03.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 664.8.032 : 634.23

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.1.27>

ВПЛИВ СПОСОБУ ЗБЕРІГАННЯ ПЛОДІВ ВИШНІ НА ІНТЕНСИВНІСТЬ ДИХАННЯ

Василишина О.В. – д.с.-г.н.,

професор кафедри харчових технологій,

Уманський національний університет

orcid.org/0000-0002-1066-4009**Іванова І.Є.** – к.с.-г.н.,

доцент кафедри рослинництва та садівництва

імені проф. В. В. Калитки,

Таврійський державний агротехнологічний університет

orcid.org/0000-0003-2711-2021

У статті показано вплив способу зберігання на інтенсивність дихання плодів вишні. Плоди кісточкових в тому числі вишні швидко псуються тому важливим є повноцінне забезпечення в харчовому ланцюзі ними населення на шляху проходження від виробника до споживача. На сьогодні ведеться пошук способів їх тривалого зберігання. Важливим при цьому є фактори впливу фізичних показників, способу попередньої обробки перед зберіганням та температури зберігання на якість плодів яка обумовлена диханням що і визначає метаболітичні процеси.

Метою статті було дослідження впливу способів зберігання та розміру плодів на інтенсивність дихання. Для цього плоди вишні попередньо обробляли перед зберіганням хітозаном (1%, 2%) та хітозаном (2%) із додаванням берберину (10%). За контроль приймали необроблені плоди. Зберігали плоди вишні за температури 4° і 20° С.

Встановлено, що плоди вишні мають вагу 4,6...4,9 г, вага кісточка складає 0,31...0,34 г. Площа поверхні плоду найбільша у плодах вишні за розміром 16–20 мм – 329,7 мм², а плоди розміром 10–16 мм мають меншу площу – 268,47 мм².

На інтенсивність дихання плодів вишні впливає спосіб попередньої обробки перед зберіганням та температурою зберігання. Інтенсивність дихання плодів на початок зберігання за температури 20°С становить 31...30 млСО₂/кг·год, а за температури 4 °С вона майже в 2 рази нижча 13...14 мл СО₂/кг·год. Через сім діб зберігання інтенсивність дихання, порівняно із іншими варіантами досліджу, нижча в 1,5 рази для плодів вишні розміром 16–20 мм і становить 19 і 8 мл СО₂/кг·год.

До кінця зберігання плоди вишні розміром 16–20 мм попередньо оброблені хітозаном із додаванням берберину мають нижчу інтенсивність дихання в 1,3 і 1,7 рази, порівняно із плодами попередньо обробленими хітозаном.

Отже, нижча інтенсивність дихання у плодів вишні за температури зберігання 4°С розміром 16–20 мм попередньо оброблених хітозаном із додаванням берберину.

Вплив температури на інтенсивність дихання плодів описано математичною моделлю Арреніуса. Отримані результати досліджень є важливими під час зберігання та транспортування плодів вишні та дають повну уяву у ланцюзі забезпечення харчування населення плодами вишні.

Ключові слова: плоди вишні, вага, хітозан, зберігання, інтенсивність дихання.

Vasylyshyna O.V., Ivanova I.Ie. The effect of sour cherry storage methods on respiration intensity

The article shows the effect of storage methods on the respiration rate of sour cherries. Stone fruits, including sour cherries, spoil quickly. It is important to ensure a sufficient supply of these



© Василишина О.В., Іванова І.Є., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

fruits to the population in the food chain from the producer to the consumer. Therefore, methods for their long-term storage are currently being sought. Important factors in this regard are the influence of physical indicators, the method of pre-treatment before storage, and the storage temperature on fruit quality, which is determined by respiration and metabolic processes.

The aim of the article was to study the effect of storage methods and fruit size on respiration intensity. For this purpose, sour cherries were pre-treated before storage with chitosan (1%, 2%) and chitosan (2%) with the addition of berberine (10%). Untreated fruits were used as a control. The sour cherries were stored at temperatures of 4° and 20° C.

It was found that the sour cherries weighed 4.6–4.9 g, with the pits weighing 0.31–0.34 g. The surface area of the fruit is largest in sour cherries measuring 16–20 mm – 329.7 mm², while fruits measuring 10–16 mm have a smaller surface area – 268.47 mm².

The respiration rate of sour cherries is influenced by the method of pre-treatment before storage and the storage temperature. The respiration intensity of fruits at the beginning of storage at a temperature of 20°C is 31–30 ml CO₂/kg-hour; and at a temperature of 4°C it is almost 2 times lower, 13–14 ml CO₂/kg-hour. After seven days of storage, the respiration rate is 1.5 times lower for sour cherries 16–20 mm in size compared to other experimental variants and is 19 and 8 ml CO₂/kg-hour.

By the end of storage, sour cherries 16–20 mm in size pre-treated with chitosan with the addition of berberine have a respiration rate that is 1.3 and 1.7 times lower than that of fruits pre-treated with chitosan.

Thus, the respiration rate of sour cherries with a size of 16–20 mm pre-treated with chitosan with the addition of berberine is lower at a storage temperature of 4°C.

The effect of temperature on the respiration rate of fruits is described by the Arrhenius mathematical model. The results of the study are important for the storage and transportation of sour cherry fruit and provide a complete picture of the chain of supplying the population with sour cherry fruit.

Key words: sour cherry fruit, weight, chitosan, storage, respiration intensity.

Постановка проблеми. Вишні – швидкопсуваючі некліматеричні плоди. Плоди їх швидко псуються, погіршується їх якість після збору врожаю під час транспортування та зберігання що призводить до фізіологічного стресу та підвищення інтенсивності дихання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На інтенсивність дихання впливають внутрішні та зовнішні фактори. До внутрішніх факторів відноситься тип плоду, стадія стиглості. До зовнішніх – температура, відносна вологість повітря та попередня обробка плодів перед зберіганням [1, 2].

Інтенсивність метаболітичних процесів у свіжих плодах впливає на якісні характеристики продукту: колір, щільність, наявність мікрофлори, що визначає тривалість зберігання.

Дослідження проведені авторами показали, що швидкість та інтенсивність дихання можна сповільнити шляхом зміни таких факторів як температура, умови зберігання та склад газової атмосфери.

Істивні покриття такі як полісахариди, білки, ліпіди останнім часом застосовують для покращення якості плодів [4]. Використання їх призводить до зниження інтенсивності дихання та транспірації плодів в результаті знижується процес дозрівання шляхом зменшення проникності через поверхню покриттів для кисню, діоксиду вуглецю та води [5–7].

За даними досліджень останнім часом в якості харчового покриття використовують хітозан. Це похідний хітину є сополімером залишків N-ацетилглюкозаміну і глюकोзаміну, які поєднані між собою 1,4 –глікозидними зв'язками. Завдяки своїй безпечності, здатності утворювати плівку, антимікробній дії, здатності біологічно розкладатись та проявляти біосумісні властивості [8–10, 17, 18].

Разом із хітозаном широко використовують берберин. Берберин – природний алкалоїд, використовується в медицині завдяки протизапальним, протибактеріальним та протигрибковим ефектам та є безпечним для людини [11].

Постановка завдання. Метою дослідження була оцінка впливу розміру плодів, їх попередньої обробки, умов зберігання вишні на інтенсивність дихання.

Матеріали й методика досліджень. Для проведення досліджень плоди вишні сорту Чорнокорка відбирали із дослідних ділянок Уманського національного університету впродовж 2024–2025 рр. Зберігали за температури 4°C і 20°C. Перед зберіганням попередньо обробляли хітозаном (1%, 2%), хітозаном (2%) із додаванням берберину (10%). За контроль брали необроблені плоди. В плодах впродовж зберігання визначали: розмір, площу поверхні, вагу м'якоті, інтенсивність дихання.

Розміри плодів визначали за допомогою мікрометра. Вагу плодів за допомогою ваг. Інтенсивність дихання визначали за В.М. Найченком [16].

Для кількісної оцінки балансу між площею поверхні та вагою м'якоті було введено коефіцієнт розміру (ψ) [1].

Для моделювання залежності інтенсивності дихання від способу зберігання плодів було використано модель Арреніуса описану у Wilhelmina V. Aindongo та ін. [2].

$$R_{CO_2} = R_{CO_2ref}^i \times e^{\left[\frac{-E_{aCO_2}}{R} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_{ref}} \right) \right]}, \% \quad (1);$$

де R_{CO_2} – інтенсивність дихання, мг CO_2 кг^{*} год, T, K – температура,

$R_{CO_2ref}^i$ – інтенсивність дихання при контрольній температурі (T_{ref} , K),

E_{a,CO_2} – енергія активації (кДж моль⁻¹),

R – універсальна газова константа (0,008314 кДж K⁻¹ моль⁻¹),

T_{ref} – еталонна температура (тобто середнє значення температури, використані в дослідженні, тобто 20 °C плюс 273,15 = 293,15 K).

Всі експерименти проводились у 3х повторностях. Дисперсійний аналіз за допомогою програми Statistica, 10. Відмінності між фракціями плодів і температурою зберігання проводилися при $p < 0,05$

Виклад основного матеріалу дослідження. Плоди вишні відрізняються між собою за сортовими особливостями які обумовлюють їх вагу, розмір що в кінцевому результаті впливає на вибір споживача. В таблиці 1 показано основні показники дослідних плодів вишні, вага їх коливається в межах 4,6...4,9 г і залежить від розміру плоду. Вага кісточки в середньому складала 0,31...0,34 г. Відсоток м'якоті становив 93,06...93,26%. Площа поверхні плоду залишалась найбільшою у великих за розміром плодів 16–20 мм і складала 329,7 мм². Тоді як малі плоди вишні розміром 10–16 мм мали меншу площу – 268,47мм².

Таблиця 1

Фізичні властивості плодів вишні

Розмір плодів	Вага плоду, г	Вага кісточки, г	Вага м'якоті, г	Відсоток м'якоті, %	Площа поверхні (мм ²) плоду	Коефіцієнт розміру, %
Вишня						
10-16 мм	4,6±0,1	0,31±0,12	4,290,18	93,26	268,47	0,63
16-20 мм	4,9±0,3	0,34±0,17	4,560,19	93,06	329,70	0,72

Відповідно і коефіцієнт розміру має вищі значення у більших плодів (0,72), порівняно із меншими (0,63). За даними [1] максимальна інтенсивність дихання спостерігався, коли коефіцієнт розміру (ψ) наближався до 1. При цьому коефіцієнт дихання залишався стабільним при нижчих температурах, але має більшу варіативність при вищих температурах.

Тому саме температура є основним фактором, що впливає на швидкість дихання свіжих плодів (рис. 1, 2). За результатами досліджень інтенсивність дихання плодів вишні більш суттєво залежить від температури зберігання та виду обробки. На початок зберігання залежно від температурного режиму 20°C і 4 °C складала 31...30 мл $\text{CO}_2/\text{кг}\cdot\text{год}$ і 13...14 мл $\text{CO}_2/\text{кг}\cdot\text{год}$.

Через сім діб зберігання інтенсивність дихання для плодів вишні розміром 10–16 мм і 16–20 мм залишалась найвищою в контрольному варіанті залежно від температури 20...19 мл $\text{CO}_2/\text{кг}\cdot\text{год}$ і 9...8 мл $\text{CO}_2/\text{кг}\cdot\text{год}$, що майже в два рази вище порівняно із іншими варіантами дослідів. Менша інтенсивність дихання впродовж даного періоду спостерігалася в плодів вишні розміром 16–20 мм і складала 19 і 8 мл $\text{CO}_2/\text{кг}\cdot\text{год}$, що майже в 1,5 рази вище порівняно із іншими варіантами дослідів.

На 15-ту добу зберігання в контрольному варіанті значення інтенсивності дихання зменшилося в 1,5 рази порівняно із початковим періодом і найменшим залишалось для плодів оброблених розчином хітозану із додаванням берберину залежно від температури зберігання 13...12 мл $\text{CO}_2/\text{кг}\cdot\text{год}$ і 5...4 мл $\text{CO}_2/\text{кг}\cdot\text{год}$.

На 21 добу зберігання попередньо оброблених плодів вишні розміром 10–16 мм і 16–20 мм відбулось подальше зниження інтенсивності дихання і найменшим залишалось для плодів оброблених розчином хітозану із додаванням берберину 11...10 мл $\text{CO}_2/\text{кг}\cdot\text{год}$ і 4...3 мл $\text{CO}_2/\text{кг}\cdot\text{год}$ відповідно.

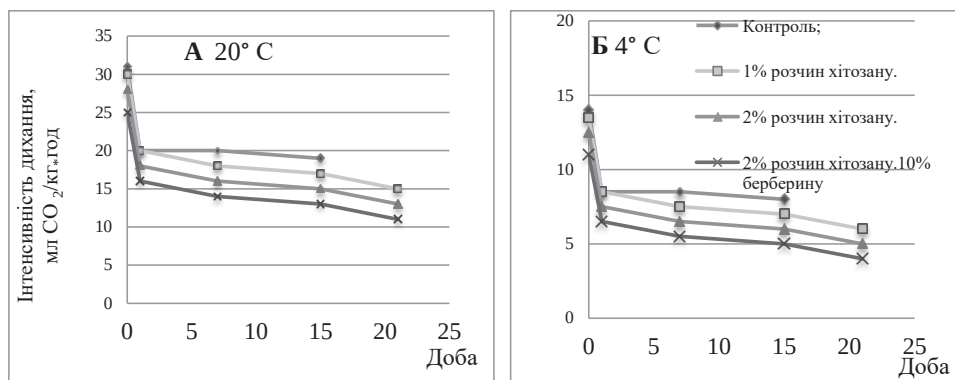


Рис. 1. Вплив розміру (10–16 мм) та способу обробки плодів вишні на інтенсивність дихання за температури (А) 20 °C ($\text{HIP}_{05} = 1,4$) і (Б) 4 °C ($\text{HIP}_{05} = 1,0$)

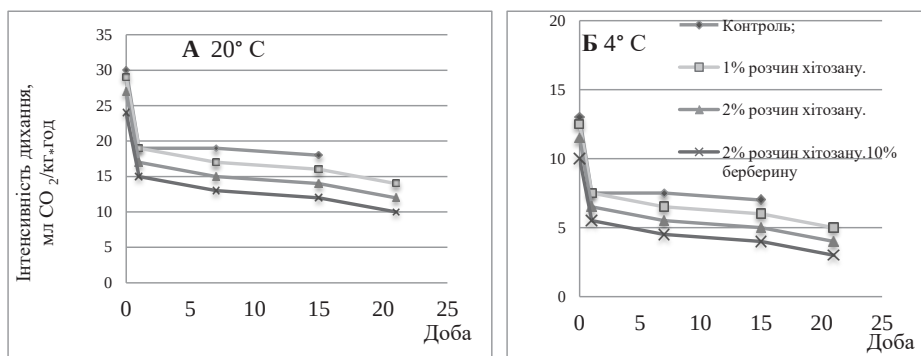


Рис. 2. Вплив розміру (16–20 мм) та способу обробки плодів вишні на інтенсивність дихання за температури (А) 20 °C ($\text{HIP}_{05} = 1,2$) і (Б) 4 °C ($\text{HIP}_{05} = 0,8$)

Отже, найнижча інтенсивність дихання спостерігається у плодах вишні за розміром 16–20 мм оброблених хітозаном із додаванням берберину – 4...3 мл $\text{CO}_2/\text{кг}\cdot\text{год}$. Що також підтверджують результати досліджень Tokalj K. та Berno N.D. та ін. [8, 12].

Попередня обробка та температура зберігання плодів відіграє значну роль у інтенсивності дихання плодів. Наприклад Garcia E. [13], зазначає що інтенсивність дихання персиків $0,008 \text{ мл } \text{CO}_2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{год}$ при температурі 5°C тоді як при 10°C – $0,015 \text{ мл } \text{CO}_2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{год}$. Тобто температура зберігання плодів значно впливає на інтенсивність дихання [8, 9, 12]. Також Rahman E.A.A. та ін., 2013 [15] повідомили про подібне дослідження папайї, яку зберігали за температури $30\text{--}5^\circ\text{C}$. Caleb O.J. та ін. спостерігали зниження інтенсивності дихання на 67 і 68% CO_2 і O_2 для цілих плодів [14].

Враховуючи основну роль впливу температури на інтенсивність дихання плодів для опису процесу було обрано модель типу Арреніуса, яка адекватно описує вплив температури зберігання на інтенсивність дихання плодів (CO_2). Знайдені параметри та прогнозовані статистичні дані наведено в табл.2.

Таблиця 2

Розрахункові параметри математичної моделі і відповідні статистичні дані, що описують вплив температури на швидкість дихання плодів

Розмір плодів	$R_{\text{CO}_2\text{ref}}^i$ (мл $\text{CO}_2/\text{кг}\cdot\text{год}$)	E_{a,CO_2} (кДж моль $^{-1}$)	R^2
20°C			
16–20 мм	17,9	125,5	98,8
10–16 мм	17,0	125,5	97,6
4°C			
16–20 мм	7,55	125,5	98,8
10–16 мм	6,6	125,5	97,6

Модель була перевірена експериментально. Діаграма розсіювання показує тісний зв'язок між експериментальними значеннями (рис. 3).

З діаграми видно значну різницю між температурами зберігання плодів 4°C і 20°C .

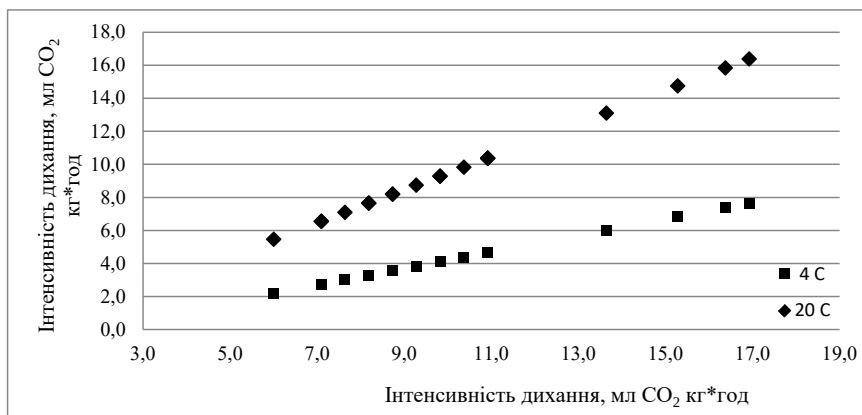


Рис. 3. Взаємозв'язок між експериментальними значеннями швидкості дихання (мл $\text{CO}_2/\text{кг}\cdot\text{год}$) за температури 20°C і 4°C

Висновки. Температура зберігання значно впливає на інтенсивність дихання плодів. Нижчу інтенсивність дихання мають плоди вишні збережені за температури 4°C.

На інтенсивність дихання впливають розмір плодів та попередня обробка перед зберіганням. Плоди вишні за розміром 16–20 мм попередньо оброблені хітозаном із додаванням берберину мають нижчу інтенсивність дихання в 1,3 і 1,7 раз (3...2 мл CO₂/кг·год.), порівняно із плодами попередньо обробленими хітозаном.

Модель типу Арреніуса найбільш повно описує залежність впливу температури на інтенсивність дихання плодів та дає повну уяву у ланцюзі забезпечення харчуванням населення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Zhelyazkov S., Zsivanovits G., Momchilova M., Iserliyska D., Aleksandrova D. Influence of Edible Coating on Shelf Life and Quality of Sweet Cherry. *Carpathian Journal of Food Science and Technology*. 2021. Vol. 13. P. 93–105. <https://doi.org/10.34302/crpfjst/2021.13.2.9>.
2. Wilhelmina V. Aindongo, Oluwafemi J. Caleb, Pramod V. Mahajan, Marena Manley, Umezuruike Linus Opara. Modelling the effects of storage temperature on the respiration rate of different pomegra nate fractions. *South African Journal of Plant and Soil*. 2014. <https://doi.org/10.1080/02571862.2014.944230>
3. Błaszczuk J., Dziedzic E. 'Kordia' sweet cherry fruit quality as function of the rootstock and storage conditions. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*. 2022. Vol.21. P. 33–46. <https://doi.org/10.24326/asphc.2022.6.3>.
4. Hu W. S., Feng, K. Effect of Edible Coating on the Quality and Antioxidant Enzymatic Activity of Postharvest Sweet Cherry (*Prunus avium* L.) during Storage. *Coatings*. 2022. Vol. 12. P. 581. <https://doi.org/10.3390/coatings12050581>
5. Kokalj D., Zlati E., Cigi' B., Vidrih R. Postharvest light-emitting diode irradiation of sweet cherries (*Prunus avium* L.) promotes accumulation of anthocyanins. *Postharvest Biology and Technology*. 2019. Vol. 148. P.192–199. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2018.11.011>.
6. Zhao H., Wang B., Cui K., Cao J., Jiang, W. Improving postharvest quality and antioxidant capacity of sweet cherry fruit by storage at near-freezing temperature. *Scientia Horticulturae*. 2019. Vol. 246. P. 68–78. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.10.054>.
7. Navarro-Tarazaga M.L., Sothornvit R., Pérez-Gago M.B. Effect of plasticizer type and amount on hydroxypropyl methylcellulosebeeswax edible film properties and postharvest quality of coated plums (cv. Angeleno). *J. Agric. Food Chem*. 2008. Vol.56. P. 9502–9509. <https://doi.org/10.1021/jf801708k>
8. Tokatlı K., Demirdöven A. Effects of chitosan edible film coatings on the physicochemical and microbiological qualities of sweet cherry (*Prunus avium* L.). *Scientia Horticulturae*. 2020. Vol. 259. P. 108656. DOI: 10.1016/j.scienta.2019.108656.
9. Patel S., Torres C.A., Tang J. Influence of fruit size on sweet cherry respiration: a multi-cultivar analysis introducing the size factor. *Food Measure*. 2025. Vol. 19. P. 4085–4092. <https://doi.org/10.1007/s11694-025-03235-4>
10. Shah S. M. H., Volpe S., Colonna F., Valentino V., De Filippis F., Torrieri E., Cavella S. Combined Effect of Plasma-Activated Water, Edible Coating, and Active Packaging on Cherry Tomato Shelf-Life: *Kinetics and Microbiome Approach*. 2026. *Foods*. Vol. 15(1). P. 182. <https://doi.org/10.3390/foods15010182>
11. Берберин. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki>
12. Berno N.D., Tezotto-Uliana J.V., Santos Dias C.T., Kluge R.A. Storage temperature and type of cut affect the biochemical and physiological characteristics of fresh-cut purple onions. *Postharvest Biology and Technology* 2014. Vol.93. P. 91–96.
13. Garcia E., Barrett D.M. Fresh cut fruits. In: Barrett DM, Somogyi L, Ramaswamy H (eds), *Processing fruits: science and technology* (2nd edn). Boca Raton: CRC Press. 2005. pp 53–69.

14. Caleb O.J., Opara U.L., Witthuhn C.R. Modified atmosphere packaging of pomegranate fruit and arils: a review. *Food and Bioprocess Technology*. 2012. Vol. 5. P.15–30.

15. Rahman E.A.A., Talib R.A., Aziz M.G., Yusof Y.A. Modelling the effect of temperature on respiration rate of fresh cut papaya (*Carica papaya* L.) fruits. *Food Science and Biotechnology*. 2013. Vol. 22. P. 1581–1588.

16. Найченко В.М. Практикум з технології зберігання і переробки плодів та овочів з основами товарознавства. Київ: ФАДА ЛТД, 2001. 211 с.

17. Василюшина О.В. Оптимізація зберігання плодів вишні з попередньою обробкою розчином хітозану. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2019. №3(103). С.80–87.

18. Василюшина О.В. Оцінка та моделювання фізичних показників плодів вишні залежно від сорту. *Таврійський науковий вісник*. 2025. Вип.144. С.27–33.

Дата першого надходження статті до видання: 07.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 663/664:628.1:543

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.1.28>

МЕТОДИ ХІМІЧНОГО АНАЛІЗУ ТА ОЧИЩЕННЯ ВОДИ У СИСТЕМАХ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Василишина О.В. – кандидат педагогічних наук,
доцент кафедри товарознавства, експертизи
та торговельного підприємництва,
Вінницький торговельно-економічний інститут ДТЕУ
orcid.org/0000-0001-9906-516X

Власенко І.Г. – доктор медичних наук,
професор кафедри товарознавства, експертизи
та торговельного підприємництва,
Вінницький торговельно-економічний інститут ДТЕУ
orcid.org/0000-0001-9995-2025

У статті показано, що якість води суттєво впливає на здоров'я споживачів та є важливою складовою рецептур у харчових виробництвах. В Україні щорічно реєструються випадки інфекційних хвороб а також хвороб, пов'язаних з хімічним забрудненням води. Особливо проблема якості та безпеки води загострилась в умовах війни.

Вимоги до води в харчовій промисловості дуже суворі, оскільки вода є або сировиною, або контактує з продуктами й обладнанням. Вона повинна відповідати стандартам питної води та додатковим технологічним вимогам. Вода, яка використовується у харчових виробництвах, має проходити певні етапи підготовки для того, щоб уникнути впливу на смак продукції, запобігти утворенню осаду та корозії обладнання. Залежно від типу виробництва вода має відповідати санітарним нормам; вимогам НАССР; стандартам ISO; технологічним регламентам.

Проаналізовано сучасні методи контролю якості води та способи її очищення, що використовується у харчових виробництвах. Хімічні методи контролю дозволяють забезпечити стабільну якість води, попередити псування продукції, оптимізувати технологічні процеси. Розкрито суть основних методів хімічного контролю води та показники, що ними визначаються. Детально розглянуто хімічні методи очищення води. Показано застосування кожного методу, його основні переваги та недоліки.

Контроль якості проводиться регулярно і на різних етапах (вхідна вода, після очищення, перед використанням). Розкрито особливості очищення води на кожному етапі та конкретизовано вимоги до якості очистки води для окремих харчових виробництв.

Мікробіологічна безпека – критичний фактор харчового виробництва. Розглянуто методи які застосовують для знищення бактерій, вірусів, грибів. Показано, що перевагами методів УФ-знезараження та озонування є відсутність використання хімічних препаратів, що впливають на смак води. Метод озонування знищує мікроорганізми, видаляє запахи та покращує прозорість води. Приділено увагу вимогам до якості води, яка використовується з метою отримання пари для стерилізації, пастеризації, термічної обробки а також для санітарної обробки обладнання.

Ключові слова: якість води; водопідготовка; методи контролю якості води; методи очищення води; харчові виробництва.

Vasylyshyna O.V., Vlasenkno I.G. Methods of chemical analysis and water purification in food industry systems

The article shows that water quality significantly affects the health of consumers and is an important component of recipes in food production. In Ukraine, cases of infectious diseases and



© Василишина О.В., Власенко І.Г., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

diseases associated with chemical water pollution are registered annually. The problem of water quality and safety has especially become acute in war conditions. The requirements for water in the food industry are very strict, as water is either a raw material or comes into contact with products and equipment. It must meet drinking water standards and additional technological requirements. Water used in food production must undergo certain stages of preparation in order to avoid affecting the taste of products, prevent sediment formation and corrosion of equipment. Depending on the type of production, the water must comply with sanitary standards; HACCP requirements; ISO standards; technological regulations.

Modern methods of water quality control and methods of its purification used in food production are analyzed. Chemical methods of control allow to ensure stable water quality, prevent product spoilage, optimize technological processes. The essence of the main methods of chemical water control and the indicators determined by them are revealed. Chemical purification methods of types are considered in detail. The application of each method, its main advantages and disadvantages are shown.

Quality control is carried out regularly and at different stages (incoming water, after treatment, before use). The features of water treatment at each stage are disclosed and the requirements for the quality of water treatment for individual food productions are specified.

Microbiological safety is a critical factor in food production. Methods used to destroy bacteria, viruses, and fungi are considered. It is shown that the advantages of UV disinfection and ozonation methods are the absence of the use of chemicals that affect the taste of water. The ozonation method destroys microorganisms, removes odors, and improves water clarity. Attention is paid to the requirements for the quality of water used to produce steam for sterilization, pasteurization, heat treatment, and also for sanitizing equipment.

Key words: water quality; water treatment; water quality control methods; water purification methods; food production.

Актуальність теми дослідження. Вода, яка споживається для пиття чи використовується у технологічному процесі виробництва різноманітних харчових продуктів має відповідати певним вимогам. Всесвітня організація охорони здоров'я повідомляє, що 25% населення постійно ризикує захворіти хворобами, пов'язаними із споживанням недоброякісної питної води. Міністерство охорони здоров'я України щорічно реєструє спалахи інфекційних захворювань (вірусний гепатит А, черевний тиф, дизентерія, холера, ротавірусні інфекції, лептоспіроз тощо) а також хвороб, пов'язаних з хімічним забрудненням води (водно-нітратна метгемоглобінемія, флюорози, отруєння токсинами синьо-зелених водоростей тощо) [1].

В харчовій промисловості вода використовується не лише як повноцінний компонент рецептури, а й в якості важливої складової розчинів для миття обладнання, стерилізації, охолодження, виробництва пари. Вона також використовується в пакувальних процесах. Одже вода має суттєвий вплив на якість та безпечність продукції. Вода, яка використовується у харчових виробництвах, має проходити певні етапи підготовки для того, щоб уникнути впливу на смак продукції, запобігти утворенню осаду та корозії обладнання. Суттєві ризики для виробництва несуть такі домішки у воді, як солі жорсткості, залізо та марганець, органічні сполуки, бактерії, віруси, хлор і побічні сполуки. Вкрай важливим етапом на харчовому виробництві є контроль якості та водо підготовка для усунення цих небезпек. Саме тому, дослідження якості та розробка сучасних методів очищення води є важливим питанням для харчових виробництв.

Постановка проблеми. Для харчових виробництв особливого значення набуває аналіз сучасних методів контролю якості та способів очищення води.

Методика досліджень. У дослідженні застосовано загальнонаукові методи: спостереження, індукції та дедукції, причинно-наслідкового зв'язку, табличний. Для досягнення мети проведено аналіз останніх досліджень і публікацій. В дослідженні використано матеріали Державного комітету статистики України.

Результати досліджень. Проблеми якості та безпечності води цікавлять багатьох вітчизняних та зарубіжних вчених. Так, в роботі Гафурової О.В. розглянуто питання вдосконалення законодавства України у сфері якості питної води. Автором піднімаються питання забруднення вод нітратами з сільськогосподарських джерел [2].

В сучасних умовах все більше споживачів використовують бутильовану воду для побутових потреб. В дослідженні Прибильського В. Л. увага зосереджена саме на перспективах знезараження води в технологіях бутильованих питних вод [3].

Про забруднення ґрунту і води говорять у своїй статті Pereira P., Barceló D., Panagos P. [4].

На джерела питної води можуть впливати підвищені концентрації зважених матеріалів, органічних речовин, поживних речовин, неорганічних речовин і патогенних мікроорганізмів. Дослідження питання захворюваності воднообумовленими інфекціями представлено в роботі Мокієнко А. В., Бабієнко В.В., Гушук І.В. [5].

Багато науковців в своїх дослідженнях розкривають питання якості та безпечності води в умовах війни. Вплив війни на якість води у першу чергу зумовлений забрудненням водних ресурсів, особливо в районах, де ведуться бойові дії. Це забруднення може мати довгострокові наслідки для здоров'я людей та стану екосистеми. В таких умовах, відсутність своєчасного контролю та відповідного реагування може призвести до серйозних проблем зі здоров'ям населення та екологічних криз [6]. Так, Строкаль В. П., Ковпак А. В. розглядають наслідки та ризики забруднення води в умовах воєнних конфліктів [7]. Тукало М. А., Ткачук З. Ю., Яненко, У. М. розкривають питання біобезпеки в Україні в умовах війни [8].

Важливими та актуальними є дослідження, спрямовані на відновлення водних ресурсів. Так, робота Циганенко-Дзюбенко І., Кірейцевої Г., Герасимчук О., Скиби Г., Хоменко С. присвячена аналізу антропогенного впливу війни на водні ресурси та розгляду потенційних шляхів відновлення [9]. Питання раціонального водокористування та охорони водних ресурсів України після військових дій розглянуто в статті Мисковець І. [10].

Одже проблеми якості та безпечності води не втрачають своєї актуальності та потребують постійного контролю.

Хімічні методи контролю якості води в харчових виробництвах дозволяють визначити склад води, виявити домішки та оцінити її придатність для технологічних процесів (табл. 1).

Контроль якості проводиться регулярно і на різних етапах (вхідна вода, після очищення, перед використанням).

Одже до води, як сировини у виробництві харчових продуктів та напоїв ставляться вищі вимоги, ніж до питної. Це зумовлено необхідністю одержання продуктів і напоїв з високими і стабільними органолептичними показниками, збільшенням терміну зберігання, а також технологічними особливостями. Така технологічна вода повинна бути зовсім прозорою, без кольору, приємною за смаком і не мати запаху. При відстоюванні протягом доби за 20° С вода не повинна давати осад; водневий показник повинен бути в межах рН 6,2-7,3.

Для виробництва продуктів і напоїв жорстка вода та вода з високою лужністю непридатна. При її використанні відбувається нейтралізація кислот продуктів і напоїв, що спричинює їх перевитрати для досягнення необхідної кислотності. Крім того, як результат взаємодії іонів кальцію та магнію зі складними компонентами сировини, може утворюватися небажаний смак і осад. Найкращою є вода з мінімальною жорсткістю. Негативний вплив Ca^{2+} і Mg^{2+} на смак може виявитися за концентрації, що перевищує поріг чутливості.

Таблиця 1

Основні хімічні методи контролю якості води

Метод	Показники що визначаються	Суть методу
титриметричний аналіз	жорсткість, лужність, вміст хлоридів	реакція з титрантом до точки еквівалентності
гравіметричний метод	загальний вміст розчинених речовин (сухий залишок)	випаровування і зважування залишку
колориметричний аналіз	залізо, марганець, нітрати, амоній	зміна кольору при реакції з реагентами
спектрофотометрія	мікроконцентрації домішок	вимірювання поглинання світла
потенціометричний метод	pH, іонний склад	вимірювання електричного потенціалу
кондуктометрія	загальна мінералізація	вимірювання електропровідності
окиснюваність (перманганатна)	вміст органічних речовин	окиснення KMnO_4 і визначення витрат
йонOMETрія	конкретні іони (Na^+ , K^+ , NO_3^- , Cl^-)	використання іоноселективних електродів
хроматографія	пестициди, органічні забрудники	розділення компонентів суміші

Негативно позначаються на якості продуктів і напоїв іони заліза та марганцю. За їх підвищеної концентрації продукти й напої набувають неприємного смаку, гальмується інверсія цукрози, відбувається їх взаємодія з дубильними й пектиновими речовинами, змінюється колір, виникає помутніння деяких напоїв. Високі вимоги пред'являють до технологічної води стосовно її мікробіологічної чистоти, що безпосередньо впливає на стійкість і якість продуктів і напоїв. Вода не повинна містити патогенних і умовно патогенних мікроорганізмів [11].

Системи очищення води впроваджують на підприємствах з виробництва напоїв, пивоварнях, молочних заводах, підприємствах м'ясопереробної галузі, кондитерських фабриках, рибних виробництвах, консервних заводах, хлібозаводах [12].

Різні методи очищення мають своє призначення. Так, для попереднього очищення застосовується коагуляція та флокуляція; для пом'якшення - іонний обмін, декарбонізація; для дезінфекції - озонування, окиснення (табл. 2).

На першому етапі проводиться механічна фільтрація. При цьому видаляються пісок, іржа, мул, окалини та зважені частинки. Далі проводиться сорбційне очищення та видалення хлору, оскільки вода з централізованої мережі водопостачання містить хлор і органічні сполуки, що можуть змінювати органолептичні показники готової продукції.

Так, сорбційне очищення на основі активованого вугілля видаляє хлор та хлорорганічні сполуки, органічні домішки. Вода, яка пройшла сорбційне очищення, втрачає запахи та забарвлення. Це особливо важливо для виробництва напоїв, пива та молочної продукції.

Часто вода, що використовується у харчових виробництвах, вимагає пом'якшення. Це пов'язано з тим, що жорстка вода може впливати на смак продукції а також порушувати технологічний процес та псувати обладнання. Системи пом'якшення видаляють солі кальцію та магнію методом іонного обміну.

Зворотний осмос – ключова технологія глибокого очищення води для харчового виробництва. Він видаляє до 99% солей, важкі метали, бактерії, віруси, нітрати, органічні речовини. Застосовується у виробництві напоїв, пивоварінні, молочній промисловості, у виробництві продуктів дитячого харчування. Осмос дозволяє отримувати стабільно очищену воду з прогнозованим складом.

Таблиця 2

Хімічні методи очищення води

Метод	Реагенти	Застосування	Переваги	Недоліки
коагуляція і флокуляція	сульфат алюмінію, хлорид заліза, полімери	видалення мутності, колоїдів	висока ефективність для дрібних частинок; покращує фільтрацію	утворення осаду; потреба в утилізації шламу
нейтралізація (pH)	кислоти (H_2SO_4 , HCl), луги (NaOH , $\text{Ca}(\text{OH})_2$)	регулювання pH	простота і швидкість; контроль корозії	вимагає точного дозування;
окиснення	хлор, озон, пероксид водню	знезараження, окиснення домішок	ефективне руйнування органіки і мікроорганізмів	утворення побічних продуктів; витрати на реагенти
хлорування	хлор, гіпохлорити	дезінфекція води	дешевизна і надійність; тривалий залишковий ефект	утворення тригалометанів; запах і присмак
озонування	озон	дезінфекція, покращення смаку	дуже сильний окисник; не залишає токсичних залишків	висока вартість обладнання; відсутність залишкової дії
іонний обмін	іонообмінні смоли	пом'якшення, видалення іонів	висока селективність; ефективне пом'якшення	потреба регенерації смол; витрати солі/реагентів
дезінфекція реагентами	діоксид хлору, пероксид водню, пероцтова кислота	санітарна обробка	широкий спектр дії; менше побічних продуктів (порівняно з хлором)	вища вартість; потреба контролю доз
декарбонізація	вапно, сода	зменшення жорсткості	ефективне зниження карбонатної жорсткості; недорогі реагенти	утворення осаду; потреба додаткової фільтрації

У деяких виробництвах (концентрати, сиропи, фарм-харчова продукція, спеціалізовані напої) потрібна майже повністю знесолена вода. Для цього застосовується демінералізація. З цією метою використовуються методи іонного обміну, мембранні технології, застосовуються змішані фільтри.

Мікробіологічна безпека – критичний фактор харчового виробництва. Для знищення бактерій, вірусів, грибів застосовують УФ-знезараження. Перевагою цього

методу є відсутність використання хімічних препаратів, що впливають на смак води. Тому технологія широко застосовується на харчових підприємствах. Озон застосовують для глибокої стерилізації та окиснення органічних речовин. Він знищує мікроорганізми, видаляє запахи та покращує прозорість води. Застосовується у виробництві напоїв і бутильованої води.

Окрім води, яка входить до рецептур харчових продуктів та напоїв на підприємствах широко використовується пара для стерилізації, пастеризації, термічної обробки. Для генерації пари вода має відповідати певним вимогам – бути пом'якшена, демінералізована, деаерована. Це запобігає накипу та забрудненню продукції.

Вода, що використовується для санітарної обробки обладнання має бути м'якою, незараженою, без механічних домішок.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Вимоги до води в харчовій промисловості дуже суворі, оскільки вода є або сировиною, або контактує з продуктами й обладнанням. Вона повинна відповідати стандартам питної води та додатковим технологічним вимогам. Залежно від типу виробництва вода має відповідати санітарним нормам; вимогам НАССР; стандартам ISO; технологічним регламентам. Хімічні методи контролю дозволяють забезпечити стабільну якість води, попередити псування продукції, оптимізувати технологічні процеси. Водопідготовка забезпечує безпеку продукції та відповідність нормативам. Дотримання цих показників є критично важливим для безпеки кінцевого споживача та якості харчової продукції.

Подальші дослідження спрямовуватимуться на визначення мікробіологічних показників безпечності води для різних потреб харчової галузі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Захворювання, пов'язані з водою, в Україні <https://uozter.gov.ua/ua/pages/291>
2. Гафурова О. В. Проблеми вдосконалення законодавства України у сфері якості питної води (на прикладі імплементації «нітратної» директиви) *Право. Людина. Довкілля*. 2020. Т. 11, № 3. С. 41–49. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/IHE_2020_11_3
3. Прибильський В. Л. Перспективи знезараження води в технологіях бутильованих питних вод. Sustainable food chain and safety through science, knowledge and business : scientific monograph Прибильський В. Л., Дулька О. С., Федосов О. Л. Riga, Latvia : Baltija Publishing, 2023. Р. 174–207.
4. Pereira P., Barceló D., Panagos P. Soil and water threats in a changing environment. *Environmental research*. 2020. № 186. URL: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109501>
5. Мокієнко А. В., Бабієнко В. В., Гуцук І. В. Клімат, вода та інфекції: нові виклики для півдня України на тлі старих проблем. *Public Health Journal*, 2023. № 4. С. 41–49.
6. Карта якості води: зміни в умовах війни. Ecosoft. 2024. URL: <https://ecosoft.ua/ua/blog/karta-yakosti-vody-zmini-v-usloviyah-voini/>
7. Строкаль В. П., Ковпак А. В. Воєнні конфлікти та вода: наслідки й ризики. *Екологічні науки*. 2022. № 5. URL: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.5-44.14>.

8. Тукало М. А., Ткачук З. Ю., Яненко, У. М. Війна і біобезпека в Україні. *Visnik Nacional noi akademii nauk Ukraini*. 2023. № 8. С. 14-22. URL: <https://doi.org/10.15407/visn2023.08.014>
9. Циганенко-Дзюбенко І., Кірейцева Г., Герасимчук О., Скиба Г., Хоменко С. Антропогенний вплив війни на водні ресурси: аналіз та потенційні шляхи відновлення. *Проблеми хімії та сталого розвитку*. 2024. № 3. С. 51–59. URL: <https://doi.org/10.32782/pcsd.2024-3-7>
10. Мисковець І. Рациональне водокористування та охорона водних ресурсів України після військових дій. Collection of scientific papers «ΛΟΓΟΣ». 2024. С. 199-203. <https://doi.org/10.36074/logos-02.02.2024.040>
11. Якість води на підприємствах харчової промисловості URL: <https://ifdcsm.com.ua/uk/news/1106/iakist-vody-na-pidpriemstvakh-kharchovoi-promyslovost>
12. Вода у харчовій промисловості – ключовий технологічний компонент URL: <https://onss.com.ua/vodopidgotovka/dlya-harchovoyi-promyslovosti/>

Дата першого надходження статті до видання: 07.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 636.59:636.084:636.087.7

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.1.29>

ВИКОРИСТАННЯ ФІТОБІОТИКІВ У ГОДІВЛІ ПЕРЕПЕЛІВ

Голубева Т.А. — к.с.-г.н.,

доцент, викладач кафедри годівлі тварин

та технології кормів імені П.Д. Пшеничного,

Національний університет біоресурсів і природокористування України

orcid.org/0000-0002-2467-5972

Птахівництво є однією з найбільш ефективних галузей тваринництва, що відіграє важливу роль у забезпеченні продовольчої безпеки населення. Інтенсифікація виробництва продукції птахівництва тривалий час супроводжувалася застосуванням антибіотиків як стимуляторів росту в годівлі птиці. Однак негативні наслідки їх використання, зокрема формування антибіотикорезистентних мікроорганізмів і потрапляння залишків препаратів у харчові продукти, зумовили обмеження або заборону їх використання в багатьох країнах світу. У зв'язку з цим актуальним є пошук альтернативних кормових добавок, здатних позитивно впливати на здоров'я птиці та показники її продуктивності. Однією з таких альтернатив є фітобіотики.

Фітобіотики (фітогенні кормові добавки) набули широкого застосування в птахівництві як засіб підтримання продуктивності, здоров'я кишкового тракту та антиоксидантного статусу в умовах обмеження використання кормових антибіотиків. Перепели (*Coturnix japonica*) є високопродуктивною птицею з коротким виробничим циклом, чутливою до кормових і технологічних чинників, що робить їх репрезентативною моделлю для оцінювання ефективності фітобіотиків. Метою огляду є критичне узагальнення даних останніх років щодо застосування фітобіотиків у годівлі перепелів із фокусом на форми та дозування, відтворювані продуктивні ефекти (прирости, конверсія корму, несучість, якість яєць і тушок), механізми дії (модулювання мікробіоти, морфофункціональний стан кишкового тракту, антиоксидантна й імунна відповідь), а також чинники гетерогенності результатів. Аналіз літератури свідчить, що найбільш відтворюваними є ефекти щодо конверсії корму та приростів у молодяку, окремих показників якості яєць і маркерів кишкового середовища, однак залежність «доза–ефект» часто має нелінійний характер. Практичне впровадження фітобіотиків потребує стандартизації продукту, контролю технології внесення та підбору оптимальних рівнів залежно від кормової матриці й виробничої мети.

Ключові слова: перепели; фітобіотики; ефірні олії; мікробіота; конверсія корму; несучість; якість яєць; антиоксидантний статус.

Holuibeva T.A. Use of phytobiotics in quail feeding

Poultry production is one of the most efficient branches of animal husbandry and plays an important role in ensuring food security. For a long time, the intensification of poultry production was accompanied by the use of antibiotics as growth promoters in poultry feeding. However, the adverse consequences of their use, in particular the development of antibiotic-resistant microorganisms and the presence of drug residues in food products, have led to restrictions or bans on their use in many countries worldwide. In this context, the search for alternative feed additives capable of positively affecting poultry health and productive performance has become increasingly relevant. One such alternative is phytobiotics.

Phytobiotics (phytogenic feed additives) have become widely used in poultry production as a means of supporting productivity, intestinal health, and antioxidant status in the context of restrictions on in-feed antibiotics. Quails (*Coturnix japonica*) are highly productive birds with a short production cycle and high sensitivity to dietary and management factors, which makes them a representative model for evaluating the efficacy of phytobiotics. The aim of this review is to critically summarize data from the last years on the use of phytobiotics in quail nutrition,



© Голубева Т.А., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

with a focus on forms and dosages, reproducible productive effects (body weight gain, feed conversion, laying performance, egg and carcass quality), mechanisms of action (modulation of the microbiota, morphofunctional status of the intestine, antioxidant and immune responses), as well as factors contributing to the heterogeneity of results. Analysis of the literature indicates that the most reproducible effects are observed for feed conversion and growth performance in young birds, certain egg quality traits, and markers of the intestinal environment; however, the dose-response relationship is often nonlinear. The practical implementation of phytobiotics requires product standardization, standardized procedures for their incorporation into feed, and the selection of optimal inclusion levels depending on the feed matrix and production objective.

Key words: *quail; phytobiotics; essential oils; microbiota; feed conversion; egg production; egg quality; antioxidant status.*

Постановка проблеми. Перепели (*Coturnix japonica*) є цінним видом сільсько-господарської птиці завдяки високій харчовій поживності яєць і м'яса, короткому виробничому циклу, ранньому настанню статеві зрілості та високій інтенсивності несучості. Водночас перепели чутливі до стресових чинників, порушень мікробіоти кишечника та коливань поживності кормів, що зумовлює актуальність пошуку керованих нутриціологічних інструментів стабілізації продуктивності. Серед них помітне місце посідають фітобіотики.

З огляду на заборону застосування антибіотиків [1] як стимуляторів росту та загальну стратегію зменшення антимікробного навантаження у тваринництві, фітобіотики розглядають як перспективну альтернативу в складі інтегрованих програм годівлі поряд із пробіотиками, органічними кислотами та ферментами [2].

За даними досліджень [3] понад 50 тис. із приблизно 422 тис. видів рослин використовують із лікувальною метою. До цієї групи належать і фітобіотики – сполуки, відомі своїми протизапальними, антиоксидантними, антиканцерогенними, імунomodуючими, гіполіпідемічними, детоксикаційними, ароматизувальними та травностимулювальними властивостями [4, 5]. Вважається, що понад 5 тис. фітобіотичних сполук різної природи містяться у фруктах, овочах, бобових, горіхах, зернових кормах, травах та ефірних оліях [6, 7]. Водночас властивості фітобіотиків залежать від багатьох чинників, зокрема місця вирощування рослин, типу ґрунту, агротехнічних заходів, а також строків і способів заготівлі кормової сировини [8].

У працях [9, 10, 11] встановлено, що використання біологічно активних добавок, зокрема рослинних екстрактів (фітобіотиків), як альтернативи антибіотикам позитивно впливає на швидкість росту, масу яєць, склад тіла та стан здоров'я птиці. Також вважається, що застосування фітогенних кормових добавок може мати економічний ефект за рахунок зниження собівартості виробленої продукції [12].

Отже, фітобіотики виступають альтернативою антибіотикам і можуть позитивно впливати на розвиток органічного птахівництва. Встановлено, що фітогенні засоби здатні покращувати показники росту сільськогосподарських тварин і розглядаються як один із перспективних інструментів годівлі без антибіотиків. Водночас їхній вплив на якість продукції залишається недостатньо з'ясованим, зокрема у перепелівництві.

Мета дослідження – узагальнити та критично проаналізувати сучасні дані щодо застосування фітобіотиків у годівлі перепелів, визначити найбільш відтворювані ефекти, рівні введення до раціонів і практичні підходи до впровадження у виробництво.

Методика досліджень. Під час підготовки статті використано методи аналізу, синтезу, порівняння та узагальнення даних літературних і інформаційних джерел щодо оцінки застосування фітобіотиків у годівлі сільськогосподарської птиці, зокрема перепелів.

Виклад основного матеріалу дослідження. У сучасних оглядах фітобіотики визначають як природні кормові добавки рослинного походження, здатні впливати як на нормальну, так і на патогенну мікробіоту, пригнічуючи розвиток *Salmonella spp.*, *Clostridium perfringens*, *Escherichia coli* та підтримуючи ріст мутуалістичних мікроорганізмів. Важливо, що у виробничих випробуваннях додавання фітогенних добавок асоціюється з поліпшенням конверсії корму, приростів живої маси, несучості та якісних характеристик м'яса й яєць, а також зі змінами морфології кишечника, що сприяють кращому засвоєнню поживних речовин [2, 13, 14, 15].

У дослідженні Sumanth та ін. [16] додавання порошку плодів амлі (*Embllica officinalis*), порошку листя тулсі (*Ocimum sanctum*) та їх комбінації позитивно впливало на живу масу і прирости японських перепелів; автори також відзначали відмінності за рівнем споживання корму.

У дослідженні [17] вивчали вплив маклеї серцеподібної (*Macleaya cordata*) на живу масу, прирости та витрати корму у молодняку перепелів. Встановлено, що додавання до корму фітобіотичної добавки в різних дозах сприяло збільшенню абсолютних, середньодобових і відносних приростів у птиці порівняно з перепелами контрольної групи, яким маклею серцеподібну до раціону не вводили. Подібну тенденцію відзначено і щодо показників використання корму.

Додаткове включення до раціонів перепелів фітобіотичної добавки «Сангровіт Екстра», основою якої є маклея серцеподібна, сприяло підвищенню яєчної продуктивності порівняно з контролем: зростали валовий збір яєць, несучість у розрахунку на початкову та середню несучку, а також інтенсивність несучості. Одночасно поліпшувалися показники якості яєць [18].

Rahimian та ін. [19] дослідили використання імбиру, червоного та чорного перцю як фітобіотиків у поєднанні з пробіотиком Protexin у японських перепелів. Встановлено позитивний вплив на продуктивність, окремі показники якості тушки та біохімічні показники крові. При цьому оптимальним рівень введення до раціону становить 2 %.

У роботі Manafi та ін. [20] порівнювали ефективність бацитрацину метилendisалицилату та фітобіотики у перепілок-несучок. Встановлено, що додавання фітобіотики, який містив фітомолекули та органічні кислоти як основні інгредієнти, може істотно поліпшувати виробничі показники та загальний стан здоров'я птиці, виступаючи альтернативою антибіотикам – стимуляторам росту.

Для оцінки ефективності фенхелю як фітобіотики у годівлі перепелів у дослідженні [21] вивчали вплив додавання порошку з насіння до базового раціону. Встановлено, що включення фенхелю у дозах 1,0 і 1,5 % забезпечувало достовірно вищу середню живу масу птиці у 6-тижневому віці порівняно з контролем та групою, яка отримувала 0,5 % добавки, тоді як коефіцієнт конверсії корму між варіантами істотно не відрізнявся. Показники збереженості також не мали значущих відмінностей між дослідними та контрольними групами. За підсумками роботи автори дійшли висновку, що введення насіння фенхелю на рівні близько 1 % до раціону японських перепелів є доцільним для отримання більшої живої маси наприкінці періоду вирощування.

За заміни частини рослинної олії у комбікормі на фенхелеву олію в діапазоні низьких і помірних рівнів включення відзначено тенденцію до посилення інтенсивності росту, поліпшення ефективності використання корму та підвищення окремих показників м'ясної продуктивності, насамперед маси грудних м'язів і м'язів кінцівок. Найвиразніший ефект спостерігали за вищого рівня введення добавки, що дає підстави розглядати фенхелеву олію як перспективний фітобіотичний компонент раціонів перепелів [22].

Експериментальні дані [23] свідчать, що включення сухого порошку часнику до складу комбікорму перепелів у малих дозах позитивно впливає на інтенсивність росту: у 35-добовому віці відзначено збільшення живої маси порівняно з контролем, а також зростання абсолютного приросту за період вирощування, причому найбільш виражений ефект спостерігали за вищого рівня введення добавки. Водночас застосування порошку часнику не супроводжувалося змінами показників збереженості птиці.

За результатами досліджень [24] додавання до повнораціонного комбікорму екстракту ехінацеї білої підвищувало абсолютні прирости та знижувало витрати корму на 1 кг приросту. У перепелів м'ясної породи фараон введення добавки супроводжувалося збільшенням у печінці вмісту сухої речовини, жиру і золи, а також накопиченням мінеральних елементів (Ca, Mg, Fe, Cu, Mn) і зростанням вмісту незамінних амінокислот.

У дослідженні, спрямованому на оцінку впливу семи фітобіотиків з імбиру, проса, льону, розмарину, чебрецю, куркуми та перцю, які вводили до добового раціону японських перепелів у дозі 3 % як кормові добавки, встановлено, що різні варіанти фітобіотичної годівлі не впливали на настання статевої зрілості порівняно з контролем. Водночас низка рослинних добавок асоціювалася з підвищенням середньої маси яйця відносно контрольної групи [25].

Salazar та ін. [26] повідомили про фітобіотичний ефект порошку листя *Jatropha curcas* на перепілок-несучок. Оптимальний рівень включення (0,5 %) асоціювався з поліпшенням інтенсивності несучості та окремих показників якості яєць за відсутності небажаних змін біохімічних показників крові.

Папая у годівлі перепелів представлена різними формами: листовим борошном, екстрактами та комбінованими фітокомплексами, які можуть мати різний профіль активних сполук. У роботі Ampode [27] листове борошно папаї розглянуто як фітобіотичну добавку, що поліпшує ріст японських перепелів без негативного впливу на господарсько корисні ознаки за досліджуваних рівнів включення. Інші дослідження свідчать, що різні частини папаї – листя та насіння – можуть по-різному впливати на імунні, антиоксидантні показники та мікробіоту, що підкреслює необхідність чітко визначати форму продукту та стандартизувати його при інтерпретації результатів [28].

В окремих роботах як перспективний природний функціональний компонент для перепілок-несучок розглядають поліфенолкарбоновий комплекс з антарктичних чорних дріжджів *Nadsoniella nigra*, оптимальний рівень якого оцінювали в умовах НУБіП України у науково-господарському досліді на дорослих перепелах. За результатами встановлено, що введення цього комплексу до комбікорму у низькому рівні включення сприяло помірному підвищенню показників несучості та інтенсивності яйцекладки, а також поліпшенню кормової ефективності, водночас не впливаючи на збереженість птиці та не супроводжуючись зниженням яєчної продуктивності [29].

У дослідженні щодо використання комбікормів, збагачених фітобіотиками, у маньчжурських перепелів встановлено істотне поліпшення продуктивних показників порівняно з контролем: підвищувалися прирости живої маси та ефективність використання корму, а також зростала інтенсивність несучості впродовж оцінених періодів. Зміни морфологічних характеристик яєць були помірними, тоді як хімічний склад характеризувався незначним перерозподілом часток поживних речовин за стабільного мінерального профілю. Одночасно фіксували нижчу смертність у дослідній групі без ознак негативного впливу на стан здоров'я [30].

Ефірні олії є концентрованими сумішами терпенових і фенольних сполук із вираженою біологічною активністю. Для фенхелевої олії (*Foeniculum vulgare*) у перепелів описано позитивний вплив на прирости та забійні показники у діапазоні 0,1–0,3 %, причому кращі результати отримано за верхньої межі дозування [31]. Для лемонграса встановлено комплексний ефект: Alagawany та ін. [32] показали зростання живої маси та приростів, кращу конверсію корму за певних доз, поліпшення показників антиоксидантного статусу та імунітету, а також сприятливі зміни мікробіоти сліпої кишки. У роботі Khalifah та ін. [33] додатково показано, що лемонграсова ефірна олія може знижувати маркери окисного пошкодження в м'ясі та впливати на мікрофлору сліпої кишки, що є важливим з позицій якості продукції та її безпечності.

Комбінування фітобіотиків із пробіотиками або ферментними комплексами є перспективною стратегією підвищення відтворюваності ефектів у виробничих умовах. Так, поєднання *Dichrostachys glomerata* як фітобіотика з пробіотиком *Therax* демонструвало позитивний вплив на продуктивність і кишкове середовище перепелів та розглядається як варіант заміщення стимуляторів росту антибіотичної природи [34]. У дослідженні Kanbur та ін. [35] сушене бананове листя у раціонах перепілок-несучок впливало на продуктивність і якість яєць, а додавання мультиензимного комплексу модифікувало частину ефектів, зокрема щодо параметрів шкаралупи.

Технологічна підготовка кормів, зокрема екструзія, змінює доступність поживних речовин, фізико-хімічні властивості кормової матриці та мікробіологічний фон, що може впливати на реалізацію дії фітобіотиків. Показано, що використання екструдованих компонентів у поєднанні з фітобіотиками в раціонах техаських перепелів м'ясного напрямку може підвищувати м'ясну продуктивність і не спричиняти небажаних змін у біохімічних показниках крові [31].

Полин *Artemisia capillaris* для перепілок-несучок характеризується дозозалежною дією: у межах 0,5–1,5 % він може поліпшувати валовий вихід яєць, масу яйця та знижувати витрати корму, однак для м'ясної продуктивності оптимум описують на рівні близько 1,0 %, тоді як підвищення до 1,5 % може погіршувати окремі забійні показники. Цей приклад демонструє типову нелінійність залежності «доза–ефект» у фітобіотиків і необхідність добору оптимальної дози залежно від поставленої мети [36]. В іншому дослідженні доведено, що введення 1,0 % *Artemisia capillaris* від маси комбікорму позитивно впливало на живу масу перепелів і витрати корму. Водночас збільшення дози до 1,5 % мало негативний вплив на забійні показники піддослідної птиці [37].

Катехін зеленого чаю є поліфенольним компонентом, що може впливати на антиоксидантний статус і репродуктивні показники. Кага та ін. [38] показали, що додавання катехіну до раціонів репродуктивних перепілок може підвищувати фертильність і виводимість за певного рівня включення, тоді як високі дози можуть впливати на масу яєць і товщину шкаралупи. Отже, поліфенольні фітокомпоненти доцільно застосовувати з урахуванням можливих дозозалежних ефектів, контролюючи якість яєць і мінеральний баланс раціону.

Наведені дані свідчать, що фітогенні кормові добавки, з огляду на їхні біологічні ефекти та підтверджені аспекти безпечності, можуть бути доцільним інструментом у перепелівництві для підвищення виходу продукції, поліпшення її якісних характеристик та оптимізації економічних показників виробництва за рахунок зниження падежу і пов'язаних із ним витрат.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Фітобіотики є науково обґрунтованим інструментом підтримання продуктивності перепелів завдяки

впливу на мікробіоту кишечника, морфометричні показники травного тракту, а також антиоксидантні й імунні реакції організму.

Найбільш відтворюваними у перепелів є ефекти щодо поліпшення конверсії корму та приростів живої маси у молодняку, а також окремих показників якості яєць у перепілок-несучок. Водночас залежність «доза–ефект» часто має нелінійний характер, що потребує оптимізації рівня введення фітобіотиків до раціону.

Практичне впровадження фітобіотиків потребує стандартизації продуктів, контролю технології їх внесення та оцінки взаємодії з кормовою матрицею. Перспективними напрямками подальших досліджень є розроблення комбінованих програм застосування фітобіотиків із пробіотиками або ферментами, а також використання стабілізованих форм ефірних олій і рослинних екстрактів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Commission Regulation (EC) № 429/2008 of 25 Apr. 2008 on detailed rules for the implementation of Regulation (EC) № 1831/2003 of the European Parliament and of the Council as regards the preparation and the presentation of applications and the assessment and the authorisation of feed additives. *Official Journal of the European Union*. 2008. OJ L 133. P. 1–65.
2. Use of phytogetic products as feed additives for swine and poultry / W. Windisch et al. *Journal of Animal Science*. 2008. Vol. 86, suppl. 14. P. E140–E148. DOI: 10.2527/jas.2007-0459.
3. Ashour A. S., El Aziz M. M. A., Gomha Melad A. S. A review on saponins from medicinal plants: chemistry, isolation, and determination. *Journal of Nanomedicine Research*. 2019. Vol. 7, № 4. P. 282–288. DOI: 10.15406/jnmr.2019.07.00199.
4. Cyrille Houketchang Ndomou S., Kuietche Mube H. The Use of Plants as Phytobiotics: A New Challenge. *Phytochemicals in Agriculture and Food*. 2023. DOI: 10.5772/intechopen.110731.
5. Effects of phytobiotics in healthy or disease challenged animals / I. Skoufos et al. *Feed Additives*. 2020. P. 311–337. DOI: 10.1016/B978-0-12-814700-9.00018-2.
6. Liu R. H. Potential Synergy of Phytochemicals in Cancer Prevention: Mechanism of Action. *The Journal of Nutrition*. 2004. Vol. 134, № 12. P. 3479S–3485S. DOI: 10.1093/jn/134.12.3479S.
7. Kikusato M. Phytobiotics to improve health and production of broiler chickens: functions beyond the antioxidant activity. *Animal Bioscience*. 2021. Vol. 34, № 3. P. 345–353. DOI: 10.5713/ab.20.0842.
8. Radkowska I. Wykorzystanie ziół i fitogenicznych dodatków paszowych w żywieniu zwierząt gospodarskich. *Wiadomości Zootechniczne*. 2013. R. LI, № 4. S. 117–124.
9. Bedford M. Removal of antibiotic growth promoters from poultry diets: implications and strategies to minimise subsequent problems. *World's Poultry Science Journal*. 2000. Vol. 56, № 4. P. 347–365. DOI: 10.1079/WPS20000024.
10. Whitehead C. C. Nutrition and poultry welfare. *World's Poultry Science Journal*. 2002. Vol. 58, № 3. P. 349–356. DOI: 10.1079/WPS20020027.
11. Ginger and Its Derivatives as Promising Alternatives to Antibiotics in Poultry Feed / M. E. Abd El-Hack et al. *Animals*. 2020. Vol. 10, № 3. P. 452. DOI: 10.3390/ani10030452.
12. Phytogetic Feed Additives as an Alternative to Antibiotic Growth Promoters in Broiler Chickens / G. R. Murugesan et al. *Frontiers in Veterinary Science*. 2015. Vol. 2. DOI: 10.3389/fvets.2015.00021.
13. Алексеев В. О. Обзор: обґрунтування використання фітобіотичних добавок у птахівництві. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences*. 2025. Vol. 27, № 103. P. 153–158. DOI: 10.32718/nvlvet-a10318.

14. Abdelli N., Solà-Oriol D., Pérez J. F. Phytogenic Feed Additives in Poultry: Achievements, Prospective and Challenges. *Animals*. 2021. Vol. 11, № 12. P. 3471. DOI: 10.3390/ani11123471.
15. Krauze M. Phytobiotics, a Natural Growth Promoter for Poultry. IntechOpen, 2021. DOI: 10.5772/intechopen.99030.
16. Sumanth S., Sangilimadan K., Richard Churchil R., Sesh P. S. L. Effect of dietary supplementation of amla (*Embllica officinalis*) fruit powder, tulsi (*Ocimum sanctum*) leaf powder and their combination on production performance of Japanese quails. *International Journal of Veterinary Science and Animal Husbandry*. 2024. Vol. 9, № 3. P. 351–356.
17. Чудак Р. А., Лебідь Ю. Г. Ефективність використання корму та ріст ремонтного молодняку перепелів за використання фітобіотичної добавки. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences*. 2024. Vol. 26, № 101. P. 25–29. DOI: 10.32718/nvlvet-a10104.
18. Чудак Р. А., Лебідь Ю. Г. Вплив фітобіотики на яєчну продуктивність перепелів. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences*. 2025. Vol. 27, № 102. P. 41–45. DOI: 10.32718/nvlvet-a10206.
19. Rahimian Y., Kheiri F., Moghaddam M. Effect of using ginger, red and black pepper powder as phytobiotics with protexin® probiotic on performance, carcass characteristics and some blood biochemical on Japanese quails (*Coturnix japonica*). *Veterinary Science Development*. 2018. Vol. 8, № 1. DOI: 10.4081/vsd.2018.7528.
20. Manafi M., Hedayati M., Khalaji S. Effectiveness of Phytogenic Feed Additive as Alternative to Bacitracin Methylene Disalicylate on Hematological Parameters, Intestinal Histomorphology and Microbial Population and Production Performance of Japanese Quails. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2016. Vol. 29, № 9. P. 1300–1308. DOI: 10.5713/ajas.16.0108.
21. Premavalli K., Omprakash A. V. Effect of dietary supplementation of fennel seeds (*Foeniculum vulgare* Mill.) on production performance of Japanese quail (*Coturnix japonica*). *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 2020. Vol. 8, № 2. P. 1588–1590.
22. Kholiavska T., Umanets D. Productive qualities of young quails with the use of fennel oil (*Foeniculum vulgare*) in compound feed. *Animal Science and Food Technology*. 2024. Vol. 15, № 3. P. 101–114. DOI: 10.31548/animal.3.2024.101.
23. Михайленко Т. Ю., Сичов М. Ю. Ефективність використання часнику (*Allium sativum*) в годівлі молодняку перепелів м'ясного напрямку продуктивності. *Сучасне птахівництво*. 2021. № 11–12 (228–229). С. 6–11. DOI: 10.31548/poultry2021.11-12.006.
24. Чудак Р. А., Побережець Ю. М., Вознюк О. І. Вплив сухого екстракту ехінацеї білої на склад печінки перепелів. *Аграрна наука та харчові технології*. 2018. Вип. 2. С. 81–89. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/anxt_2018_2_11.
25. Ould Sidi Moctar Y., Azeroual E., Benazzouz B., Ouichou A., El Hessni A., Mesfioui A. The effect of a diet supplemented with phytobiotics on sexual maturity and growth performance on Japanese quail (*Coturnix japonica*). *International Journal of Innovation and Applied Studies*. 2015. Vol. 11, № 2. P. 456–464.
26. Salazar I., Rodríguez R., Aroche R., Valdivié M., Martínez Y. Phytobiotic effect of *Jatropha curcas* leaf powder on productivity, egg quality and blood biochemistry of laying quails. *Cuban Journal of Agricultural Science*. 2021. Vol. 55, № 3. URL: <https://cjascience.com/index.php/CJAS/article/view/1028>.
27. Ampode K. M. B. Papaya (*Carica papaya* Linn.) leaf meal as phytobiotic feed supplement improves the production performance of growing Japanese quails. *International Journal of Biosciences*. 2019. Vol. 14, № 5. P. 533–540. DOI: 10.12692/ijb/14.5.533-540.
28. Comparison of different papaya forms on the growth performance, immune response, antioxidative capacity, and caecal microbiota of Japanese Quails / T. K. El-Rayes et al. *Scientific African*. 2023. P. e02033. DOI: 10.1016/j.sciaf.2023.e02033.

29. Гурин А., Голубєв М. Продуктивність перепілок-несучок за використання у комбікормі поліфенолкарбонового комплексу з антарктичних чорних дріжджів *Nadsoniella nigra*. *Аграрний вісник Причорномор'я*. 2021. № 101. DOI: 10.37000/abbsl.2021.101.01.

30. Phytobiotic-enriched multiphase feeding improves growth and reproductive performance in Manchurian quails: Evidence from controlled farm trials in Kazakhstan / D. Zhanabayeva et al. *Veterinary World*. 2025. P. 3120–3134. DOI: 10.14202/vetworld.2025.3120-3134.

31. Effect of feed with extruded components and phytobiotics on quail / Y. Balji et al. *Scientific Horizons*. 2024. Vol. 27, № 9. P. 32–41. DOI: 10.48077/scihor9.2024.32.

32. Use of lemongrass essential oil as a feed additive in quail's nutrition: its effect on growth, carcass, blood biochemistry, antioxidant and immunological indices, digestive enzymes and intestinal microbiota / M. Alagawany et al. *Poultry Science*. 2021. Vol. 100, № 6. P. 101172. DOI: 10.1016/j.psj.2021.101172.

33. Utilization of lemongrass essential oil supplementation on growth performance, meat quality, blood traits and caecum microflora of growing quails / A. M. Khalifah et al. *Annals of Agricultural Sciences*. 2021. Vol. 66, № 2. P. 169–175. DOI: 10.1016/j.aos.2021.12.001.

34. Combined Effects of *Dichrostachys glomerata* (phytobiotic) with Graded Levels of Probiotics on the Production Performance of Japanese Quails / P. Moffo Hermann Joël et al. *Journal of World's Poultry Science*. 2024. Vol. 3, № 2. DOI: 10.58803/jwps.v3i2.30.

35. Kanbur G., Göçmen R., Cufadar Y. Effect of dietary banana leaves (*Musa acuminata*) with multienzyme complex supplementation on intestinal content, serum biochemicals, egg production, and egg quality in laying quail. *Livestock Science*. 2023. Vol. 277. P. 105249. DOI: 10.1016/j.livsci.2023.105249.

36. Effect of feeding *Artemisia capillaris* on egg production and egg quality in quail / M. Sychov et al. *Animal Science and Food Technology*. 2024. Vol. 15, № 1. P. 105–120. DOI: 10.31548/animal.1.2024.105.

37. Influence of Feeding Wormwood (*Artemisia Capillaris*) on Quail Meat Productivity / I. Ibatullin et al. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 2022. Vol. 70, № 4–5. P. 307–316. DOI: 10.11118/actaun.2022.023.

38. Influence of catechin (flavan-3-ol) addition to breeder quail (*Coturnix coturnix japonica*) diets on productivity, reproductive performance, egg quality and yolk oxidative stability / K. Kara et al. *Journal of Applied Animal Research*. 2015. Vol. 44, № 1. P. 436–441. DOI: 10.1080/09712119.2015.1091337.

Дата першого надходження статті до видання: 02.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 634.11:664.8.03:[631.811.98:631.547.66/.67]
DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.1.30>

ТОВАРНІСТЬ І ФІЗИЧНІ ПОКАЗНИКИ ЯБЛУК СОРТУ ГЛОСТЕР ЗАЛЕЖНО ВІД РЕЖИМУ ОХОЛОДЖЕННЯ, ОБРОБКИ ДЕРЕВ ЕТИЛЕНПРОДУЦЕНТОМ ТА ПЛОДІВ ІНГІБІТОРОМ ЕТИЛЕНУ

Дрозд О.О. – доктор сільськогосподарських наук,
доцент кафедри харчових технологій,
Уманський національний університет
orcid.org/0000-0002-2419-7624

Мельник О.В. – доктор сільськогосподарських наук,
професор кафедри плодівництва і виноградарства,
Уманський національний університет
orcid.org/0000-0002-6707-5731

Ременюк Л.М. – випускник аспірантури,
Уманський національний університет
orcid.org/0009-0002-6581-5916

Досліджено зміни товарності і фізичних показників яблук сорту Глостер упродовж тривалого холодильного зберігання залежно від режиму охолодження, обробки дерев етиленпродуцентом (Етефон) і плодів інгібітором етилену (1-метилциклопропен, 1-МЦП). Дослідження проводили в Уманському національному університеті. За два тижні до очікуваного збору врожаю насаджень обробляли фізіологічно-активною речовиною Етефон (етрел, 180 г/га) з додаванням КАНО (калійна сіль α -нафтилоцтової кислоти, 20 г/га), контрольні ділянки обприскували водою. Яблука заготовляли з настанням збиральної стиглості. У день збору одну частину плодів охолоджували за температури $5\pm 1^\circ\text{C}$ та відносної вологості повітря 90–95% і наступного дня обробляли 1-МЦП (СмартФреш, 0,068 г/м³). Іншу частину яблук експонували упродовж трьох діб за температури $16\pm 1^\circ\text{C}$ з наступним охолодженням до $5\pm 1^\circ\text{C}$ та обробкою 1-МЦП. Далі продукцію шість місяців зберігали в холодильній камері КХР-12М за температури $2\pm 1^\circ\text{C}$ і відносної вологості повітря 90–95%.

Встановлено, що раціональна тривалість холодильного зберігання яблук сорту Глостер, зібраних з необроблених Етефоном дерев та негайно охолоджених, за температури $2\pm 1^\circ\text{C}$ (з 90 % виходом товарних плодів) – до чотирьох місяців, а за обробки Етефоном – до двох місяців, незалежно від режиму охолодження. За обробки інгібітором етилену 1-МЦП, вихід товарних плодів високий (91,4–93,6 %), незалежно від застосування Етефону і режиму охолодження.

Наприкінці шестимісячного зберігання, за обробки дерев Етефоном (за два тижні до збирання врожаю) і тридобового затримання післязбирального охолодження прискорено зростає відбивання шкіркою світла (деградація хлорофілу – більше пожовтіння) та нижча щільність м'якуша. За післязбиральної обробки 1-МЦП зміна основного забарвлення і щільності повільніша, незалежно від обробки Етефоном й охолодження.

Під час зберігання залежність щільності м'якуша яблук (y) від відбивання (x) шкіркою світла на хвилі 675 нм обернено-лінійна ($y = -0,30x + 18,00$, $R^2 = 0,87$), а виходу товарних плодів (y) від щільності (x) – прямолінійна ($y = 2,49x + 73,76$, $R^2 = 0,87$).

Вихід товарної продукції, рівень природних втрат, відбивання світла і щільність залежать від післязбиральної обробки яблук 1-МЦП. Передзбиральна обробка дерев Етефоном і режим охолодження на зміну товарності продукції та щільності плодів впливають слабо (3–4 %). Вплив режиму охолодження на відбивання світла і природні втрати 7 %, у той час як обробка дерев Етефоном впливає сильніше – відповідно 16 і 20 %.

Ключові слова: яблука, Глостер, Етефон, режим охолодження, 1-метилциклопропен, зберігання, товарна якість, природні втрати, відбивання світла, щільність м'якуша.



Melnyk O., Drozd O., Remeniuk L. Marketability and physical parameters of Gloster apples depending on the cooling mode, treatment of trees with Ethephon and fruits with ethylene inhibitor

The article presents the research results of cooling delay, pre-harvest tree spraying with ethylene producer (Ethephon) and post-harvest fruit treatment with ethylene inhibitor 1-methylcyclopropene (1-MCP) on changes in marketability and physical parameters of Gloster apples during long-term cold storage. The research was carried out at Uman National University. Two weeks before the expected harvest, trees were sprayed with a physiologically active substance Ethephon (ethrel, 180 g/ha) with the addition of NAA (potassium salt of α -naphthylacetic acid, 20 g/ha); control plots were sprayed with water. The apples were collected in the stage of early harvest maturity. On the day of harvest, one part of the fruits was cooled at a temperature of 5 ± 1 °C and a relative humidity of 90–95% and the next day treated with 1-MCP (SmartFresh, 0.068 g/m³). The other part of the apples was exposed for three days at a temperature of 16 ± 1 °C with subsequent cooling to 5 ± 1 °C and treatment with 1-MCP. The fruits were stored for six months in refrigerating chamber at 2 ± 1 °C and a relative air humidity of 90–95%.

Regardless of the cooling mode, at a temperature of 2 ± 1 °C, the rational duration of refrigerated storage of Gloster apples, harvested from the trees not treated with Ethephon and immediately cooled (90% of output), is up to four months, and with Ethephon treatment – up to two months. When treated with the ethylene inhibitor 1-MCP, the output of marketable fruits is high (91.4–93.6%), regardless of the use of Ethephon and the cooling regime.

In the case of treating trees with Ethephon two weeks before harvest and a three-day delay of post-harvest cooling, the skin light reflection increases rapidly (if chlorophyll degrades, there is more yellowing) and the flesh firmness is lower after six months of storage. With post-harvest treatment with 1-MCP, the change in ground color and firmness is slower, regardless of Ethephon treatment and cooling.

During storage, the dependence of apple firmness (y) on the level of light reflection (x) by the skin at a wavelength of 675 nm is inversely linear ($y = -0.30x + 18.00$, $R^2 = 0.87$), and that of the yield of marketable fruits (y) on the firmness (x) is linear ($y = 2.49x + 73.76$, $R^2 = 0.87$).

The marketable products output, the level of natural losses, light reflection and fruit firmness depend mainly on the post-harvest treatment with 1-MCP; the marketability and fruit firmness were slightly affected by the pre-harvest treatment of trees with Ethephon and the cooling regime (3–4%).

The effect of the cooling regime on light reflection and natural losses was not (7%) either, while the tree treatment with Ethephon had a stronger effect – 16 and 20%, respectively.

Key words: apples, Gloster, Ethephon, post-harvest cooling, 1-methylcyclopropene, storage, product quality, weight loss, skin light reflection, flesh firmness.

Постановка проблеми. Фізіологічно-активні речовини застосовують для покращення забарвлення, зниження передзбирального опадання плодів і збільшення так званого «вікна» збирання врожаю. Однак це прискорює досягання яблук на дереві, що враховують під час визначення терміну збирання та закладання на зберігання [1, 2].

З синтезом природного фітогормону етилену (C₂H₄) пов'язане післязбиральне досягання плодів [3], зміна забарвлення – деградація хлорофілу й утворення каротиноїдів та антоціанів [4], покращення смаку й аромату [5] і зниження щільності м'якуша яблук [6].

Етиленпродуцент Етефон (етрел) застосовують для стримування росту дерев [7], проріджування зав'язі, покращення забарвлення та прискорення досягання плодів яблуні [8]. У той же час, передзбиральна обробка насаджень Етефоном підвищує етилен-активність і знижує щільність яблук [9].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Збереження щільності – одного з основних критеріїв оцінки якості плодів під час зберігання та реалізації – завдання пріоритетне [10]. Яблука так званих «твердих» сортів, зокрема Глостер, мають надходити в реалізацію зі щільністю м'якуша не менше 5,5 кг/см² [11]. За підвищеної температури, після відвантаження з холодильника плоди розм'якшуються інтенсивніше, тому одразу після зберігання щільність має бути на 1,0 кг/см² вищою.

Затримування післязбирального охолодження продукції прискорює дозрівання й етилен-активність плодів, призводить до втрати щільності під час зберігання [12]. Цьому запобігають своєчасним охолодженням свіжозібраних плодів, що сприяє успішному збереженню і зменшенню втрат [13], та післязбиральною обробкою яблук інгібітором етилену 1-метилциклопропеном (1-МЦП). 1-МЦП мінімізує негативну дію затримання післязбирального охолодження й уповільнює розм'якшення плодів під час зберігання та реалізації [14].

Постановка завдання. Мета дослідження – оцінка товарності і фізичних показників за вдосконаленої технології зберігання яблук пізньозимового сорту Глостер з обробкою насаджень Етефоном, затриманням післязбирального охолодження й обробкою інгібітором етилену 1-МЦП.

Дослідження в сезонах зберігання 2012/2013 і 2013/2014 рр. проводили в Уманському національному університеті. Насадження яблуні пізньозимового сорту Глостер – на карликовій підщепі М.9 зі схемою садіння 4,0 x 1,0 м, із залуженням міжрядь і чистим паром у пристовбурних смугах. За два тижні до очікуваного збирання врожаю, дерева обробляли фізіологічно-активною речовиною Етефон (етрел, 180 г/га) з додаванням КАНО (калійна сіль α -нафтилоцтової кислоти – для запобігання передчасному опаданню плодів, 20 г/га), контрольні ділянки обприскували водою; витрата робочої рідини – 300 л/га. Планування, ведення досліду й обробку результатів здійснювали загальноприйнятими методами [15].

Яблука заготовляли з настанням збиральної стиглості, беручи до уваги індекс Стрейфа [16]. З типових дерев відбирали однорідну за ступенем стиглості продукцію вищого товарного сорту за ГСТУ 01.1-37-160:2004 та вміщували в ящики № 75 (ГОСТ 10131-93), поділені на три частини – повторності (по 7 кг) перегородками з цупкого паперу. Число ящиків кожного варіанту відповідало періодичності товарного аналізу.

У день збирання частину плодів охолоджували за температури 5 ± 1 °C та відносної вологості повітря 90–95% і наступного дня обробляли 1-МЦП (СмартФреш, 0,068 г/м³); іншу частину експонували упродовж трьох діб за температури 16 ± 1 °C з наступним охолодженням до 5 ± 1 °C й обробкою 1-МЦП.

Для обробки ящики з яблуками ставили в газонепроникний контейнер з плівки завтовшки 200 мк і циркуляцією повітря автономним вентилятором, куди вміщували склянку з дистильованою водою й обчисленою на одиницю об'єму контейнера дозою порошкоподібного препарату (з розрахунку 0,068 г/м³, рекомендація виробника). Після 24-годинної експозиції контейнер згортали і плоди ставили на зберігання в холодильну камеру КХР–12М за температури 2 ± 1 °C і відносної вологості повітря 90–95 %. Яблука з необроблених дерев, без обробки 1-МЦП та без триденної експозиції – контроль.

Фізичні показники плодів оцінювали після збирання та двох, чотирьох і шести місяців зберігання. Щільність м'якуша визначали на 20 плодах закріпленим на штативі пенетрометром FT-327 з плунжером діаметром 11 мм (шкірку зрізували), основне забарвлення (в місці без покривного) – спектроколориметром «Spekol», за відбиванням світла на хвилі 675 нм, що відповідає максимуму поглинання хлорофілом; оцінку природних втрат виконували шляхом зважування поліетиленових сіток з плодами до і після зберігання (точність 0,01 г); товарну оцінку продукції здійснювали за ГСТУ 01.1-37-160:2004.

Температуру в камері контролювали спиртовими термометрами й автоматично, відносну вологість повітря – гігрометром. Результати досліджень обробляли дисперсійним аналізом за програмою «Statistica 12».

Виклад основного матеріалу дослідження. Незалежно від режиму подальшого охолодження й обробки дерев Етефоном, протягом шести місяців зберігання післязбиральна обробка 1-МЦП забезпечила вихід товарних плодів на рівні не менше 91,4 % (рис. 1, ліворуч). У той же час, обробка дерев Етефоном, в сукупності з тридобовим затриманням охолодження плодів, після шести місяців зберігання знизилася до 81,9 %.

Зміна рівня природних втрат визначалася обробкою Етефоном, режимом охолодження й обробкою 1-МЦП (рис. 2, праворуч). На початку зберігання вищим рівнем показника з монотонним зростанням вирізнялися плоди, оброблені етиленпродуцентом та охолоджені із затримкою, без 1-МЦП. Порівняно з цим, після шести місяців зберігання природні втрати в необроблених Етефоном і 1-МЦП плодів у 1,3 раза нижчі, незалежно від режиму охолодження.

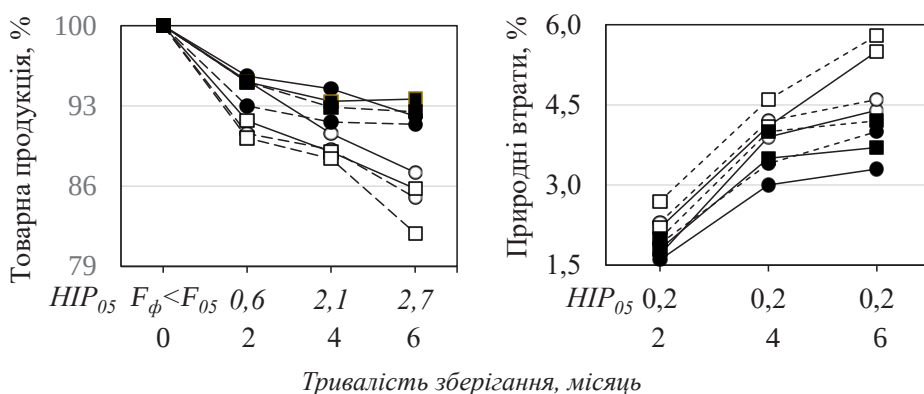


Рис. 1. Вихід товарної продукції (ліворуч) і природні втрати (праворуч) яблук сорту Глостер, залежно від перед- і післязбиральної обробки, під час зберігання (середнє для врожаю 2012–2013 рр.):

негайне охолодження	3-добове затримання охолодження
—○— без обробки Етефоном і 1-МЦП;	—○— без обробки Етефоном і 1-МЦП;
—●— без обробки Етефоном з 1-МЦП;	—●— без обробки Етефоном з 1-МЦП;
—□— оброблено Етефоном, без 1-МЦП;	—□— оброблено Етефоном, без 1-МЦП
—■— оброблено Етефоном і 1-МЦП.	—■— оброблено Етефоном і 1-МЦП.

Післязбиральна обробка 1-МЦП знизилася природні втрати в оброблених Етефоном плодів до 1,5 раза та до 1,3 раза – в необроблених Етефоном, незалежно від режиму охолодження.

Зміна показника відбивання плодами світла (основне забарвлення) визначалася обробкою Етефоном, режимом охолодження й обробкою 1-МЦП (рис. 2, ліворуч). На початку зберігання вищим рівнем показника, з монотонним зростанням у процесі зберігання, вирізнялися плоди, оброблені етиленпродуцентом без 1-МЦП та охолоджені із затримкою. Порівняно з цим, після шести місяців зберігання відбивання світла за негайного охолодження та без обробки Етефоном і без 1-МЦП на 4,9 % нижче, і на 2,1 % нижче – за обробки Етефоном. Затримка ж охолодження прискорила деградацію хлорофілу в шкірці – показник відповідно на 2,1 та 1,6 % більший, порівняно з негайно охолодженими плодами.

Незалежно від режиму охолодження, за обробки Етефоном, в необроблених 1-МЦП плодах відбивання світла зросло в 1,5 раза, за відсутності такої обробки – в 1,4 раза, порівняно з початковим. У той же час, незалежно від обробки дерев Етефоном і режиму охолодження, за післязбиральної обробки 1-МЦП відбивання світла зросло лише в 1,3 раза, порівняно з початковим. Подібні дані для оброблених 1-МЦП яблук сорту Ренет Симиренка отримано О. Дрозд зі співавторами в Україні [17] та N. Win зі співавторами для яблук Golden Ball у Кореї [18].

Щільність м'якуша плодів без обробки 1-МЦП активно знижувалася, особливо із застосуванням Етефону і затримкою післязбирального охолодження (рис. 2, праворуч). Оскільки для відвантаження в торговельну мережу допустима щільність не менше 6,5 кг/см², бажаний показник яблук без обробки 1-МЦП забезпечувався лише протягом перших двох, а для необроблених Етефоном і негайно охолоджених – трьох місяців зберігання,

Передзбиральна обробка Етефоном, з тридобовим затриманням охолодження, після шести місяців зберігання прискорила зниження щільності плодів до рівня відповідно 4,7 та 4,2 кг/см². У той же час, за післязбиральної обробки 1-МЦП, високий рівень показника наприкінці шестимісячного зберігання (7,3–7,5 кг/см²), незалежно від обробки Етефоном (дещо нижчий – 6,9–7,1 кг/см² – за тридобової експозиції без охолодження). Подібні дані для оброблених Етефоном яблук сорту Ренет Симиренка отримано О. Дрозд зі співавторами в Україні [19] і D. Корске для оброблених 1-МЦП яблук Глостер у Німеччині [20].

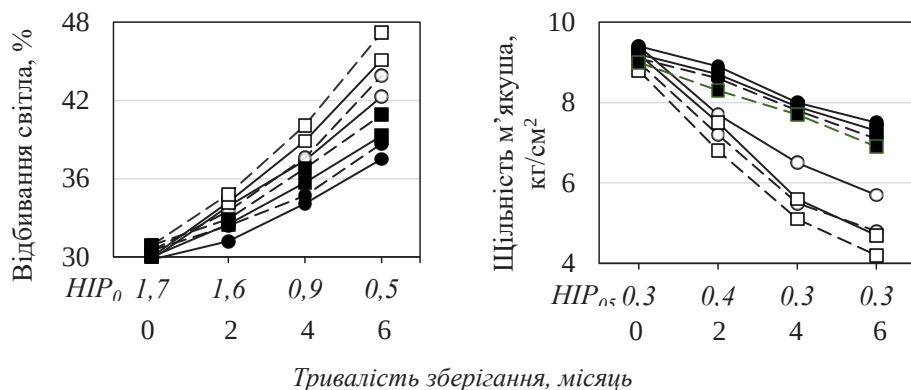


Рис. 2. Зміна відбивання світла від шкірки (ліворуч) і щільності м'якуша (праворуч) яблук сорту Глостер, залежно від перед- і післязбиральної обробки, під час зберігання (середнє для врожаю 2012–2013 рр.):

негайне охолодження	3-добове затримання охолодження
—○— без обробки Етефоном і 1-МЦП;	—○-- без обробки Етефоном і 1-МЦП;
—●— без обробки Етефоном з 1-МЦП;	—●-- без обробки Етефоном з 1-МЦП;
—□— оброблено Етефоном, без 1-МЦП;	—□-- оброблено Етефоном, без 1-МЦП
—■— оброблено Етефоном і 1-МЦП.	—■-- оброблено Етефоном і 1-МЦП.

Нижчий рівень відбивання світла, і відповідно менше пожовтіння, зафіксовано у плодів без обробки Етефоном, з негайним охолодженням після збирання (табл. 1). Починаючи з другого місяця зберігання, післязбиральна обробка 1-МЦП достовірно сповільнила зміну основного забарвлення. Обробленням Етефоном і тридобовим затриманням післязбирального охолодження суттєво прискорено втрату щільності, тоді як за обробки 1-МЦП показник на 1,3–2,3 кг/см² вищий.

Таблиця 1

Відбивання світла на хвилі 675 нм і щільність м'якуша яблук сорту Глостер залежно від перед- і післязбиральної обробки, під час зберігання (результати дисперсійного аналізу, 2012–2013 рр.)

Тривалість зберігання, міс.	Передзбиральна обробки			Післязбиральне охолодження			Доза Смарт-Фреш, г/м ³		
	Без обробки	Етефон з КАНО	HIP_{05}	Негайне	Затримка на 3 доби	HIP_{05}	0	0,068	HIP_{05}
Відбивання світла, %									
0	30,1	30,5	$F_{\phi} < F_{0,5}$	29,9	30,7	$F_{\phi} < F_{0,5}$	30,3	30,3	$F_{\phi} < F_{0,5}$
2	32,8	33,6	0,8	32,9	33,4	$F_{\phi} < F_{0,5}$	34,1	32,3	0,8
4	35,9	37,9	0,4	36,5	37,3	$\phi_{0,4}$	38,5	35,3	0,4
6	40,6	43,1	0,3	41,0	42,7	0,3	44,6	39,1	0,3
Щільність м'якуша, кг/см²									
0	9,2	9,0	0,1	9,3	9,0	0,1	9,1	9,2	$F_{\phi} < F_{0,5}$
2	8,1	7,8	0,2	8,2	7,7	0,2	7,3	8,6	0,2
4	7,0	6,6	0,1	7,0	6,5	0,1	5,7	7,8	0,1
6	6,3	5,8	0,2	6,3	5,7	0,2	4,9	7,2	0,2

Залежність щільності м'якуша яблук сорту Глостер від світловідбивання на хвилі 675 нм обернено-лінійна: за нижчої щільності відбивання світла вище (рис. 3), тоді як за вищої щільності вихід товарної продукції також зростає – залежність прямолінійна (рис. 4).

Встановлено вплив передзбиральної обробки Етефоном, режиму післязбирального охолодження й обробки 1-МЦП на зміну виходу товарної продукції, природні втрати та фізичні показники яблук (табл. 2). Після шести місяців зберігання вихід товарної продукції, природні втрати, зміна рівня відбивання світла (ступінь пожовтіння) і щільність плодів визначалася, головним чином, обробкою яблук 1-МЦП. Товарність і щільність значно менше залежали від передзбиральної обробки Етефоном і режиму охолодження. Порівняно невисокий вплив режиму охолодження на природні втрати і відбивання світла (7 %), у той час як вплив обробки Етефоном – відповідно 20 і 16 %.

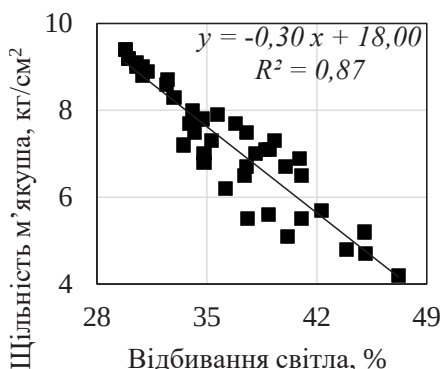


Рис. 3. Залежність щільності м'якуша (у) від відбивання світла (х) шкіркою яблук сорту Глостер на хвилі 675 нм.

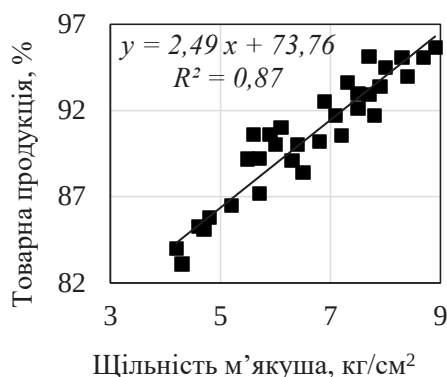


Рис. 4. Залежність виходу товарної продукції (у) від щільності (х) яблук сорту Глостер.

Таблиця 2

Вплив досліджуваних чинників на вихід товарної продукції та зміну фізичних показників яблук сорту Глостер після шестимісячного зберігання (врожай 2012–2013 рр.), %

Чинник	Товарна продукція	Природні втрати	Відбивання світла	Щільність м'якуша
Обробка Етефоном	3	20	16	4
Режим охолодження	4	7	7	5
Обробка 1-МЦП	61	64	75	87

Висновки. Раціональна тривалість холодильного зберігання яблук сорту Глостер, зібраних з необроблених Етефоном дерев і негайно охолоджених, – до чотирьох місяців за температури 2 ± 1 °C (з 90 % виходом товарних плодів), а за обробки Етефоном – до двох місяців, незалежно від режиму охолодження. За обробки інгібітором етилену 1-МЦП вихід товарних плодів високий (91,4–93,6 %), незалежно від застосування Етефону і режиму охолодження.

За обробки дерев Етефоном (за два тижні до збирання врожаю) і тридобового затримання післязбирального охолодження прискорене зростання відбивання шкіркою світла (деградація хлорофілу – більше пожовтіння) та нижча щільність м'якуша після шестимісячного зберігання. Зміна основного забарвлення і щільності повільніша за обробки 1-МЦП, незалежно від обробки Етефоном й охолодження.

Під час зберігання залежність щільності м'якуша яблук (у) від рівня відбивання (х) шкіркою світла на хвилі 675 нм обернено-лінійна ($y = -0,30x + 18,00$, $R^2 = 0,87$), а виходу товарних плодів (у) від щільності (х) – прямолінійна ($y = 2,49x + 73,76$, $R^2 = 0,87$).

Вихід товарної продукції, рівень природних втрат, відбивання світла і щільність, головним чином, залежать від післязбиральної обробки яблук 1-МЦП; на товарність продукції і щільність плодів передзбиральна обробка дерев Етефоном і режим охолодження впливають слабо. Вплив режиму охолодження на відбивання світла і природні втрати на рівні 7 %, у той час як обробка дерев Етефоном впливає сильніше – відповідно 16 і 20 %.

Подяка компанії «AgroFresh» (Польща) за надання препарату «СмартФреш».

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Dal C. V., Danesin M., Botton A., Boschetti A. Ethylene and preharvest drop: the effect of AVG and NAA on fruit abscission in apple (*Malus domestica* L. Borkh). *Plant growth regul.* 2008. № 56 (3). P. 317–325.
2. Yuan R., Li J. Effect of sprayable 1-MCP, AVG, and NAA on ethylene biosynthesis, preharvest fruit drop, fruit maturity, and quality of Delicious apples. *HortScience*. 2008. Vol. 43 (5). P. 1454–1460. DOI: 10.21273/HORTSCI.43.5.1454.
3. Igbal N., Khan N. A., Ferrante A., Trivellini A., Francini A., Khan M. I. R. Ethylene role in plant growth, development and senescence: interaction with other phytohormones. *Frontiers in Plant Science*. 2017. Vol. 8. P. 1–19. DOI: 10.3389/fpls.2017.00475
4. Gwanpua S. G., Vicent V., Hertog M.L.A.T.M., Nikolai B. M., Geeraerd A. H., Verlinden B. E., Van I. J. Modelling biological variation in the skin background color of Jonagold apples during controlled atmosphere storage. *Acta Horticulturae*. 2015. No 1071. P. 303–310.
5. Qi W., Wang H., Zhou Z., Yang P., Wu W., Li Z. Ethylene emission as a potential indicator of Fuji apple flavor quality evaluation under low temperature. *Horticultural Plant Journal*. 2020. Vol. 6 (4). P. 231–239. DOI: 10.1016/j.hpj.2020.03.007
6. Yang X., Song J., Campbell-Palmer L., Fillmore S., Zhang Z. Effect of ethylene and 1-MCP on expression of genes involved in ethylene biosynthesis and perception during ripening of apple fruit. *Postharvest Biology and Technology*. 2013. Vol. 78. P. 55–66. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2012.11.012
7. Duyvelshoff C., Cline J.A. Ethephon and prohexadione-calcium influence the flowering, early yield, and vegetative growth of young Northern Spy apple trees. *Scientia Horticulturae*. 2013. Vol. 151. P. 128–134. DOI: 10.1016/j.scienta.2012.12.002.
8. Yuan R., Li J. Effect of sprayable 1-MCP, AVG, and NAA on ethylene biosynthesis, preharvest fruit drop, fruit maturity, and quality of Delicious apples. *HortScience*. 2008. Vol. 43 (5). P. 1454–1460. DOI: 10.21273/HORTSCI.43.5.1454.
9. Schultz E.E., Mallmann W.L., Ludwig V., Thewes F.R., Pasquetti, B.M.R. Aminoethoxyvinylglycine, naphthalene acetic acid and ethephon: impacts on pre-harvest fruit drop, volatile compounds profile, and overall quality of ‘Galaxy’ apples. *Erwerbs-Obstbau*. 2023. Vol. 65 (1). P. 7–23. DOI: 10.1007/s10341-022-00691-w.
10. Nadulski R., Szczepanik M., Kobus Z., Guz T., Panasiewicz M. Jędrność jako istotne kryterium oceny jakości w dystrybucji owoców. *Logistyka*. 2015. No 5. P. 415–422.
11. Tomala K., Grzymala U., Jeziorek K., Wozniak M., Tomala W., Wojtalewicz M., Tomala M., Dziuban R. Sposoby poprawy jakości przechowalniczej jabłek. *Czynniki wpływające na plonowanie i jakość owoców roślin sadowniczych*. 2010. № 10. P. 107–123.
12. Johnston J.W., Hewett E.W., Hertog M.L.A.T.M. Apple (*Malus domestica*) softening in the postharvest coolchain: effects of delayed cooling and shelf-life temperatures. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*. 2005. Vol. 33. P. 283–292. DOI: 10.1080/01140674.2005.9514361.
13. Pathare P.B., Opara U.L., Vigneault C., Delele M.A., Al-Said F.A.J. Design of packaging vents for cooling fresh horticultural produce. *Food and Bioprocess Technology*. 2012. Vol. 5(6). P. 2031–2045. DOI: 10.1007/s11947-012-0883-9.
14. Kurubas M.S., Erkan M. Impacts of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on postharvest quality of Ankara pears during long-term storage. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 2018. Vol. 42 (2). P. 88–96. DOI: 10.3906/tar-1706-72.
15. Методичні рекомендації з питань зберігання і переробки плодів та ягід / Г. М. Рибак, Є. В. Михайлова, О. А. Блашкіна та ін. Київ: Укр. НДІ садівництва, 1980. 75 с.
16. Streif J. Optimum harvest date for different apple cultivars in the Bodensee area. *Proceedings of a meeting working group optimum harvest date. 9–10 june, 1994*. Lofthus, Norway. 1994. P. 178–183.

17. Дрозд О. О., Мельник О. В., Мельник І. О. Фізичні показники яблук сорту Ренет Симиренка, оброблених інгібітором етилену, залежно від типу саду і строку збору. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2017. Вип. 2. С. 57–65.
18. Win N. M., Park J.-T., Kim J.-H., Kim Y.-S., Kwon J.-G., Kang I.-K., Yoo J., Kwon D. Fruit maturity and 1-Methylcyclopropene influence quality retention and chlorophyll degradation in 'Golden Ball' apples during cold storage. *Horticulturae*. 2025. Vol. 11(11). No. 1302. DOI: 10.3390/horticulturae11111302.
19. Drozd O., Melnyk O., Remeniuk L. Storage ability and sensory quality of 'Reinette Simirenko' apples treated with ethephon and 1-MCP. *Journal of Horticultural Research*. 2025. Vol. 33(1). P. 29–38. DOI: 10.2478/johr-2025-0005.
20. Kõpcke D. 1-Methylcyclopropene (1-MCP) and dynamic control atmosphere (DCA) applications under elevated storage temperature: effects on fruit quality of Elstar, Jonagold and Gloster apple (*Malus domestica* Borkh). *European Journal of Horticultural Science*. 2015. Vol. 80 (1). P. 25–32. DOI: 10.17660/eJHS.2015/80.1.4.

Дата першого надходження статті до видання: 01.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 628.86.89

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.1.31>

СПОСІБ ОЧИЩЕННЯ ПОВІТРЯ ТА ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ТВАРИН ШЛЯХОМ ДОЗОВАНОГО ОЗОНУВАННЯ

Засуха Л.В. – д.с.-г.н.,науковий співробітник відділу патентно-ліцензійної, винахідницької
та раціоналізаторської роботи,

Національний університет біоресурсів і природокористування

Національної академії аграрних наук України

orcid.org/0000-0001-7481-1242**Іванов В.О.** – д.с.-г.н., професор,

головний науковий співробітник лабораторії інноваційних технологій

та експериментальних тваринницьких об'єктів,

Інститут свинарства і агропромислового виробництва

Національної академії аграрних наук України

orcid.org/0000-0001-8653-7092**Кучер С.Д.** – аспірант,

Інститут свинарства і агропромислового виробництва

Національної академії аграрних наук України

orcid.org/0009-0005-4708-7945

У статті наводяться результати досліджень щодо впливу озонування на відгодівельні і м'ясні якості відгодівельного молодняку свиней в умовах промислової технології на ТОВ «Субекон» Вінницької області.

Метою досліджень було розробка і дослідження способу очищення повітря та підвищення продуктивності тварин шляхом дозованого озонування. Для дослідження сформуливали дві групи молодняку свиней – одну контрольну і дві дослідні - по 100 голів в кожній. Тварини контрольної групи утримувалися традиційним способом у приміщенні для відгодівлі. У двох ізольованих секціях приміщення, де утримувався молодняк дослідних груп щоденно проводили озонування протягом відповідно 2 і 4 години. Озонування приміщення для утримання відгодівельного молодняку свиней проводили за допомогою озонатора ОзВ. Встановлено, що до проведення озонування масова концентрація аміаку становила $4,80 \pm 0,12$ мг/м³, через 2 години після озонування - $2,65 \pm 0,08$ мг/м³, а через 4 години після озонування - $1,54 \pm 0,06$ мг/м³. Масова концентрація сірководню до озонування була $2,02 \pm 0,06$ мг/м³, через 2 години після озонування склала $1,50 \pm 0,05$ мг/м³, а через 4 години після озонування - $1,03 \pm 0,03$ мг/м³. Також зменшилися масові витрати викиду забрудненого повітря. Озонування сприяло зменшенню бактеріальної забрудненості і запиленості повітря. Зокрема, бактеріальна забрудненість повітря до озонування приміщення склала $48,4 \pm 2,34$ тис. м.т/м³, а через 2 і 4 години після озонування відповідно - $40,6 \pm 2,54$ і $31,3 \pm 2,15$ тис. м.т/м³. Запиленість повітря до озонування приміщення склала $3,96 \pm 0,033$ мг/м³. Через 2 і 4 години після озонування відповідно $2,12 \pm 0,057$ і $1,21 \pm 0,027$ мг/м³. Встановлено, що озонування приміщення протягом 4 годин, сприяло підвищенню живої маси тварин на 4,8% або 5,12 кг на голову. Молодняк дослідної групи вірогідно переважав контрольних аналогів за віком досягнення живої маси 100 кг (на 3,22 дні) і площею «м'язового вічка» (на 3,57 см²). В розрахунок на одну голову господарство отримало вартість додаткової основної продукції у розмірі 373,19 грн

Ключові слова. Озонування, свинарники, аміак, сірководень, мікроклімат, молодняк свиней, відгодівельні і м'ясні якості.



© Засуха Л.В., Іванов В.О., Кучер С.Д., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Zasukha L.V., Ivanov V.O. Kucher S.D. A method of air purification and increasing animal productivity by dosed ozonation

The article presents the results of studies on the influence of ozonation on the fattening and meat qualities of fattening young pigs in industrial technology conditions at LLC "Subekon" of Vinnytsia region.

The purpose of the research was to develop and study a method of air purification and increasing animal productivity by dosed ozonation. For the study, two groups of young pigs were formed - one control and two experimental - 100 heads each. The animals of the control group were kept in the traditional way in the fattening room. In two isolated sections of the room where the young animals of the experimental groups were kept, ozonation was carried out daily for 2 and 4 hours, respectively. Ozonation of the premises for keeping young pigs for fattening was carried out using an OzW ozonizer. It was found that before ozonation, the mass concentration of ammonia was $4.80 \pm 0.12 \text{ mg/m}^3$, 2 hours after ozonation - $2.65 \pm 0.08 \text{ mg/m}^3$, and 4 hours after ozonation - $1.54 \pm 0.06 \text{ mg/m}^3$. The mass concentration of hydrogen sulfide before ozonation was $2.02 \pm 0.06 \text{ mg/m}^3$, 2 hours after ozonation was $1.50 \pm 0.05 \text{ mg/m}^3$, and 4 hours after ozonation - $1.03 \pm 0.03 \text{ mg/m}^3$. The mass flow of polluted air emissions also decreased. Ozonation contributed to the reduction of bacterial contamination and dustiness of the air. In particular, bacterial contamination of the air before ozonation of the room was 48.4 ± 2.34 thousand m.t./m³, and 2 and 4 hours after ozonation, respectively, it was 40.6 ± 2.54 and 31.3 ± 2.15 thousand m.t./m³. After 2 and 4 hours after ozonation, respectively, 2.12 ± 0.057 and $1.21 \pm 0.027 \text{ mg/m}^3$. It was found that ozonation of the room for 4 hours contributed to an increase in the live weight of piglets by 4.8% or 5.12 kg per head. The young animals of the experimental group significantly exceeded the control counterparts in terms of the age of reaching a live weight of 100 kg. kg (for 3.22 days) and the area of the "muscle eye" (for 3.57 cm²). Per head, the farm received the cost of additional main production in the amount of 373.19 UAH.

Key words: ozonation, pig farms, ammonia, hydrogen sulfide, microclimate, young pigs, fattening and meat qualities.

Постановка проблеми. Сучасна галузь свинарства країни перебуває в стані трансформації – від дрібних господарств до крупнотоварних ферм, з обов'язковим впровадженням сучасних технологій. Інтенсифікація виробництва здійснюється як за рахунок будівництва нових промислових підприємств, селекційних досягнень, та запровадження повнорационної ефективної годівлі свиней, впровадження роботизованих установок для обробки поросят, роботів-мийників, автоматизованих систем годівлі, вентиляції та мікроклімату, що дасть можливість обслуговувати значну кількість тварин з мінімальним штатом персоналу [1].

Поєднання оптимальних умов утримання свиней, з високим рівнем збалансованої годівлі є головною умовою для реалізації високого генетичного потенціалу сучасних генотипів, збереження їх здоров'я та відтворної здатності і сприяє отриманню високоякісної конкурентоспроможної свинини [2].

Основною проблемою промислових свинарських комплексів є те, що продукти життєдіяльності свиней являються джерелами, хімічного і біологічного забруднення ґрунтових вод та атмосферного повітря, які негативно впливають на продуктивність тварин та здоров'я обслуговуючого персоналу. Тому вирішених проблем пов'язаних із створенням екологічно комфортних умов в середині свинарських приміщень та у довіллі є досить актуальною задачею [3].

Таким чином, удосконалення елементів виробництва свинини шляхом інновацій у технологічні процеси промислового свиногомплексу, створення екологічної безпеки та підвищення продуктивності тварин є вельми актуальною. своєчасною, екологічно доцільною і економічно вигідною.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Досвід роботи свиногомплексів показав, що створення оптимального мікроклімату в приміщеннях для утримання свиней є необхідною умовою забезпечення їх здоров'я і реалізації генетичного потенціалу продуктивності [4, 5].

Одним із негативних факторів мікроклімату є вміст аміаку і сірководню, які не тільки суттєво знижують продуктивність свиней, але й забруднюють довкілля. Тому на сучасному етапі розвитку свинарства велике значення придатиться скороченню викидів аміаку і сірководню із сільськогосподарських приміщень, основними джерелами якого є гній та сеча, які утворюються при безвигульному утриманні тварин [6, 7].

Одним із відомих шляхів нейтралізації шкідливих газів є озонування повітря. Відомо, що озонування повітря забезпечує загальну дезінфекцію та дозволяє усунути неприємні запахи, які негативно впливають на нервову та імунну системи організму та спричиняють зменшення продуктивності тварин [8, 9].

Незважаючи на широкий вибір сучасних озонаторів вони поки що не знайшли широкого застосування у свинарстві. В цьому зв'язку в завдання наших досліджень входило дослідити ефективність очистки повітря у свинарнику промисловим озонатором. Озонування повітря забезпечує загальну дезінфекцію та дозволяє усунути неприємні запахи, які негативно впливають на нервову та імунну системи організму та спричиняють зменшення продуктивності тварин.

Постановка завдання. Метою досліджень було розробити спосіб очищення повітря та підвищення продуктивності свиней шляхом дозованого озонування.

Дослідження проведенні в ВАТ «Субекон» Вінницької області. При організації проведення експериментальної роботи користувалися відповідним посібником [10]. Для дослідження сформували дві групи молодняку свиней – одну контрольну і дві дослідні - по 100 голів в кожній. Тварини контрольної групи утримувалися традиційним способом у приміщенні для відгодівлі. У двох ізольованих секціях приміщення де утримувався молодняк дослідних груп щоденно проводили озонування протягом відповідно 2 і 4 години

Для проведення озонування одного свинарника нами використані озонатор OzW, який був встановлений на зовнішній стіні приміщення (рис. 1 і 2). Від озонатора вздовж свинарника були прокладені трубопроводи (пластикові труби діаметром 50 мм з клапанами, через які озон надходив у приміщення).



Рис. 1. Вид Зовнішній вигляд озонатора OzW

Подачу озону по трубі забезпечували за допомогою компресора. Кількість озону регулювався комп'ютером який контролював мікроклімат у приміщенні в разі збільшення в корпусі температури шляхом збільшення швидкості руху повітря на стінах приміщення.

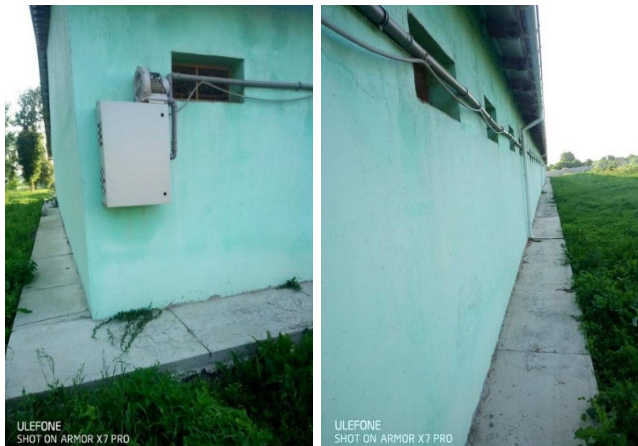


Рис. 2. Розміщення обладнання на приміщенні

Відбір проб та вимірювання проведені відповідно до [11,12, 13]. При вимірюванні застосовували такі засоби вимірювальної техніки:

1. Газоаналізатор ОКСИ 5М-5НД. 2. Аспіратор для відбору проб повітря, 3. Рротаметри М822. 4. Трубка напірна НІОГАЗ ТН-1. 5. Ваги ВЛР-200. 6. Мановакуумметр цифровий ММЦ-200. 7. Фільтри АФА ВП-20

Підрахунок кількості пилових частинок (шт/см³) проводили шляхом застосування підрахункового методу [14].

Визначення кількості мікроорганізмів у повітрі (шт. мікробних тіл/л) проводили методом В.Ф.Матусевича [15].

Відгодівельну і м'ясну продуктивність визначали за [16]. Економічну ефективність результатів досліджень визначали згідно [17]. Результати досліджень оброблені за допомогою методів варіаційної статистики [18].

Виклад основного матеріалу. Результати проведених досліджень наведено у таблиці 1.

Дані таблиці 1 свідчать про те, що при застосуванні озонування у приміщенні для відгодівлі свиней суттєво зменшується концентрація сірководню і аміаку. Зокрема, через дві години після безперервного озонування масова концентрація (мг/м³) аміаку у повітрі зменшилася у 1,81 рази, а сірководню – у 1,34 рази. Через чотири години після безперервного озонування масова концентрація (мг/м³) аміаку у повітрі зменшилася у 3,11 рази, а сірководню – у 1,96 рази. Також зменшилися масові витрати викиду забрудненого повітря. Озонування сприяло зменшенню бактеріальної забрудненості і запиленості повітря (табл. 2).

Наведені вище дані свідчать про те, що запропонований спосіб зменшення вмісту аміаку і сірководню у приміщенні для відгодівлі свиней спряє покращенню мікроклімату для тварин, а також стану довкілля. Покращення мікроклімату у приміщенні для утримання відгодівельного молодняка свиней позитивно вплинуло на їх добробут та продуктивність (табл. 2).

Таблиця 1

**Результати досліджень викидів шкідливих газів у свинарнику
до і після озонування**

Газ	Показник забруднюючої речовини	Показник забруднення		
		до озонування	через 2 години після озонування	через 4 години після озонування
NH ₃	Масова концентрація, мг/м ³	4,80±0,12	2,65±0,08	1,54±0,06***
	Масова витрата викиду, q _m , г/с	0,00611	0,00381	0,00191
H ₂ S	Масова концентрація, мг/м ³	2,02±0,06	1,50±0,05	1,03±0,03***
	Масова витрата викиду, q _m , г/с	0,00253	0,00217	0,00126

Примітка: *** - $p \leq 0,001$, відносно даних отриманих у контрольній групі.

Таблиця 2

Бактеріальна забрудненість і запиленість повітря

Показник	До озонування	Через 2 години після озонування	Через 4 години після озонування
Бактеріальна забрудненість, тис. м.т/м ³	48,4±2,34	40,6±2,54*	31,3±2,15***
Запиленість повітря, мг/м ³	3,96±0,033	2,12±0,057**	1,21±0,027***

Примітка: * - $p \leq 0,05$, ** - $p \leq 0,01$, *** - $p \leq 0,001$, відносно даних отриманих у контрольній групі.

Таблиця 2

Жива маса відгодівельного молодняка, n=100, в кожній групі, M±m

Показник	На початку відгодівлі	В кінці відгодівлі
Контрольна група	42,73 ±0,32	105,78 ±0,66
Дослідна група	42,83 ±0,36	110,86 ±0,57 ***

Примітка: *** - $p \leq 0,001$, відносно даних отриманих у контрольній групі.

Результати відгодівлі, які наведені у таблиці 3.1 свідчать про те, що щоденне чотиригодинне озонування, сприяло підвищенню живої маси поросят на 4,8% або 5,12 кг на голову. В розрахунку на одну голову господарство отримало вартість додаткової основної продукції у розмірі 373,19 грн, а на дослідне поголів'я – 37319 грн.

Таблиця 3

**Відгодівельні і м'ясні ознаки свиней піддослідних тварин,
($\bar{X} \pm s_x$), n=8 голів в кожній групі**

Показник	Група	
	контрольна	дослідна
Вік досягнення живої маси 100 кг, дні	165,24 ±1,01	162,02±1,05*
Середньодобовий приріст, г	845,47±10,52	879,53±11,34*
Оплата корму, к.од.	2,6±0,02	2,5±0,05
Товщина шпигу на рівні 6-7 грудного хребця, мм	10,42±0,41	9,73±0,24
Площа «м'язевого вічка», см ²	49,74±0,68	52,31±0,55***
Вміст м'яса у туші, %	68,15±0,78	70,35±0,65

Примітка: * - $p \leq 0,05$, *** - $p \leq 0,001$, відносно даних отриманих у контрольній групі

Наведені дані показують, що молодняк дослідної групи вірогідно переважав контрольних аналогів за віком досягнення живої маси 100 кг (на 3,22 дні) і площею «м'язевого вічка» (на 3,57 см²).

Висновки та перспективи подальших досліджень

1. Озонування приміщення для відгодівлі свиней протягом чотирьох годин на добу спряє зменшення концентрації аміаку і сірководню і позитивно впливає на відгодівельну і м'ясну продуктивність молодняку свиней.
2. Подальші дослідження ефективності озонування будуть спрямовані на вивченні його впливу на інтер'єрні особливості свиней.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Оцінка стану свинарства України (2022–2024). URL: <https://artmash.ua/article/otsenka-sostoyaniya-svinovodstva-ukrainy-20222024#> (дата звернення: 12.08.2025)
2. Баньковська І. Б., Манюненко С. А., Лобченко С. Ф Національний продукт як результат науково обгрунтованої технології виробництва., «Сучасні тенденції розвитку галузі тваринництва: світовий та національний виміри»: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, 7 грудня 2023 р., м. Полтава, Україна.
3. Біліхський І. Я. Реконструкція та підсилення будівель і споруд: навч. посіб. Львів: Видавництво Львівської політехніки. 2008. 108 с
4. Іванов В. О., Волощук В. М. Нове в технології виробництва та переробки продукції тваринництва. Монографія. Полтава, ТОВ Фірма «Техсервіс». 2019. 434с.
5. Козир В. Вплив мікроклімату на вирощування свиней. *Тваринництво України*, № 5. 2006. С. 9–10.
6. Методичні рекомендації зі скорочення викидів аміаку з сільськогосподарських джерел. К., 2016.31с.
7. Очищення повітря від запахів на підприємствах і виробництвах URL: <https://ziko.com.ua/all-article-ochyshchennya-povitrya-vid-zapakhi/>. (дата звернення: 72.06.2025)
8. Волощук В. М Вплив умов утримання на репродуктивні якості свиноматок. *Свинарство*. Міжвідомчий тематичний збірник Інституту свинарства і АПВ НААН. Полтава. 2013. Вип. 62. С.27-32.
9. Дезінфекція за допомогою озонування: переваги озонатора . URL: <https://carclean.ua>. (дата звернення: 02.09.2025).
10. Методологія та організація наукових досліджень у тваринництві: посібник / Ібатулін І.І. [та ін.]. Київ. Аграрна наука, 2017. 328 с
11. Інструкція з експлуатації газоаналізатора ОКСИ-5М-5НД. URL: <https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.ecotest.kharkov.ua%2Ffiles%2Foksi7.doc&wdOrigin=BROWSELINK> (дата звернення: 02.11.2025).
12. КНД 211.2.3.063-98 «Метрологічне забезпечення. Вибір проб промислових викидів. Інструкція», методик виконання вимірювань вмісту ЗР в організованих викидах стаціонарних джерел. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=51576 (дата звернення: 22.01.2025).
13. МБВ № 081/12-0161-05 Викиди газопилови промислові. Методика виконання вимірювань масової концентрації речовин у вигляді суспендованих твердих частинок в організованих викидах стаціонарних джерел гравіметричним методом. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=76450. (дата звернення: 02.02.2025).
14. Гігієна та санітарія харчових виробництв. Навчально-методичний посібник для підготовки фахівців з напрямку 6.091709 „Харчові технології та інженерія” ОКР „Бакалавр”/ Вороняк В.В. Львів: ЛНУВМ та БТ імені С.З. Гжицького, 2013. -142 с
15. Високос, М.П., Чорний, М.В., та Захаренко, М.О.. Практикум для лабораторно-практичних занять з гігієни тварин. Харків: Еспада. 2003. 218 с.
16. Сучасні методики досліджень у свинарстві/ В. П. Рибалко, М. Д. Березовський, Г.А. Богданов, В.Ф. Коваленко та ін. Полтава: ІС УААН, 2005. 228 с. 19.
17. Економіка аграрних підприємств Підручник. 2-ге вид., доп. і перероблене. / В. Г. Андрійчук. Київ.: КНЕУ, 2002. 624 с.
18. Калінін М.І. Єлісєєв М.І. Біометрія. Підручник для студентів вузів біологічних і екологічних напрямків. Миколаїв: Вид-во МФ На УКМА, 2000. 204 с.

Дата першого надходження статті до видання: 03.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

UDC 636.11.082.11:798.2

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.1.32>

GENEALOGY OF THOROUGHBRED PRIZE-WINNING RACEHORSES

Zlamaniuk L.M. – Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Animal Technology,
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
orcid.org/0000-0003-3323-4658

Osadchiy S.A. – Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Animal Technology,
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
orcid.org/0009-0005-6339-0418

The Thoroughbred horse breed, developed over three centuries of rigorous selection, represents the pinnacle of zootechnical achievement in equine breeding. Its genetic architecture is a unique model of purposeful selection where speed, stamina, and functional conformation are harmoniously integrated. In the modern era, the globalization of the racing industry necessitates a constant re-evaluation of genealogical structures to maintain competitiveness. For Ukraine, which possesses a deep historical tradition in Thoroughbred breeding, analyzing the current state of the breeding nucleus is crucial for integrating domestic livestock into the international bloodstock market and optimizing local breeding programs.

This study aims to conduct a comprehensive genealogical analysis of high-performance Thoroughbred horses in Ukraine, identifying the dominant sire lines, evaluating the efficiency of specific genetic crosses ("golden crosses"), and determining the impact of ancestral heritage on modern racing success.

The research was conducted using a sample of 250 Thoroughbred horses currently forming the breeding nucleus (stallions and broodmares) of Ukraine's leading stud farms, including Derkulsky, Onufriivsky, Dnipropetrovsky, and Striletsky, as well as prominent private breeding entities. The methodological framework involved a deep pedigree analysis extending to the fifth generation (\$F 5\$). Performance metrics were gathered from official racing records at hippodromes, focusing on winners of "Traditional Prizes" (Group races). Conformation was assessed using standard zootechnical measurements and linear scoring. Statistical analysis was applied to correlate specific line combinations with racing earnings and speed indices.

The analysis confirms that the genetic landscape of Ukrainian Thoroughbred breeding is heavily influenced by the global "Big Four" lines: Northern Dancer, Native Dancer, Nasrullah, and Dark Ronald. Among the analyzed population, the Northern Dancer line showed the highest frequency of occurrence in the pedigrees of classic distance winners. A significant finding of this study is the identified synergy in specific nicking patterns. Notably, the "Northern Dancer × Prince Rose" and "Native Dancer × Prince Rose" crosses demonstrated superior performance, consistently producing offspring with high orthopedic health scores and elite racing class. These crosses appear to balance the explosive speed of the Nearco/Native Dancer branches with the structural robustness and late-maturity traits associated with the Prince Rose influence. Furthermore, the study highlights the persistence of the Dark Ronald line in domestic pedigrees, which continues to provide essential stamina and adaptability to local environmental conditions. The research also identifies several "under-the-radar" progenitor lines that, while less numerous, show high potential for heterosis when crossed with dominant modern sires.

The findings underscore that while the Ukrainian Thoroughbred pool is well-integrated with elite global genetics, there is a strategic need to diversify sire lines to avoid inbreeding depression. The identified "golden crosses" provide a roadmap for breeders to enhance the genetic progress of their herds. This study serves as a scientific basis for the digital transformation of pedigree



© Zlamaniuk L.M., Osadchiy S.A., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

registration in Ukraine and offers practical recommendations for selecting breeding pairs to maximize both athletic performance and commercial value.

Key words: thoroughbred breed, genealogy, racing class, breeding management, sire lines, line crosses, conformation.

Зламанюк Л.М., Осадчий С.А. Генеалогічний аналіз коней чистокровної верхової породи – переможців традиційних призів

У статті представлено результати генеалогічного аналізу сучасного поголів'я коней чистокровної верхової породи високого скакового класу. Обґрунтовано актуальність вивчення генетичного потенціалу породи для розвитку племінної справи в Україні та інтеграції у світовий селекційний процес. Збереження та вдосконалення генофонду чистокровної верхової породи є стратегічним завданням вітчизняного конярства в умовах глобальної конкуренції на міжнародних іподромах.

У дослідженнях використовували дані 250 голів коней виробничого складу провідних кінних заводів (Деркульський, Онуфріївський, Дніпропетровський, Стрілецький) та приватних репродукторів. Оцінювання проводилося за родоводами до п'ятого покоління, результатами іподромних випробувань, екстер'єрними показниками та якістю приплоду. Для опрацювання даних застосовувалися методи популяційної генетики, зокрема розрахункові коефіцієнти інбридингу та частоти зустрічальності ліній у родоводах.

Встановлено домінування генетичних ліній Норсерн Дансера, Нейтів Дансера, Назрулі та Дарк Рональда серед переможців традиційних призів. Доведено високу ефективність кросів Норсерн Дансер × Пренс Роза та Нейтів Дансер × Пренс Роза, які забезпечують оптимальне поєднання скакового класу та гармонійного екстер'єру. Виявлено перспективні малочисельні лінії, що мають високий потенціал для формування конкурентоспроможного поголів'я на міжнародній арені. Отримані результати свідчать про необхідність цілеспрямованої роботи з розширення генетичного різноманіття породи в Україні з метою уникнення надмірної консолідації та зниження адаптивного потенціалу тварин.

Сформовано практичні рекомендації щодо подальшого використання виявлених генетичних комбінацій у селекційній роботі. Результати дослідження можуть бути використані фахівцями кінних заводів, зоотехніками-селекціонерами та науковцями для оптимізації підбору пар і складання перспективних планів парування з урахуванням як вітчизняного генофонду, так і світових селекційних тенденцій.

Ключові слова: чистокровна верхова порода, генеалогічні лінії, кроси, селекція, іподромні випробування, племінна справа.

Introduction. Thoroughbred horse breeding stands as one of the most advanced and historically significant branches of animal husbandry. Renowned globally for their athleticism, speed, and genetic excellence, Thoroughbreds play a pivotal role in the global equine industry [13]. In Ukraine, the development of this breed is underpinned by long-standing traditions and favorable environmental conditions for rearing high-class breeding stock [2, 3].

The genealogy of the Thoroughbred is a complex, meticulously organized system of hereditary lines formed over centuries through selective breeding aimed at enhancing racing performance, conformation, and endurance [4, 15]. The success of selection programs depends heavily on sophisticated culling strategies, the genetic compatibility of parental lines, and the ability to identify promising crosses [; 2].

As an embodiment of collective zootechnical creativity, the Thoroughbred breed has required a level of dedication and scientific rigor unmatched by other livestock species [9]. Current selection programs in Ukraine focus on increasing the racing class, improving mare fertility (targeting 75 foals per 100 mares), and correcting conformational defects. These objectives are pursued through purebred breeding, individual selection, the introduction of elite foreign sires ("blood refreshing"), and the strategic use of proven crosses [2, 3].

The aim of this study is to analyze the genealogical structure and performance indicators of Thoroughbred horses in Ukraine, identifying the most effective line combinations that guarantee superior racing quality and refined physical traits [1].

Materials and Methods. The research material comprised stallions and mares from the production stock of both state-owned and private stud farms, as well as youngstock

undergoing trials at the Lviv Hippodrome and other racing venues within the CIS and abroad. It is well established that the primary evaluation criterion for the Thoroughbred breed is their racing class (performance) [5, 16].

The following documents were utilized for the study: the State Stud Book (SSB) of Thoroughbred horses, stud farm breeding records for mares and stallions, breeding cards (Forms 1-k and 2-k), youngstock development logs, consolidated grading (bonitation) reports, racetrack performance records, mating and foaling logs, and sire catalogues [1, 3].

A total of 250 Thoroughbred horses were included in the analysis, representing the Derkul, Onufriivka, Dnipropetrovsk, and Striletsky stud farms, as well as the "Millennium" Stud Farm (PE) and the "Shevchenko PSP" breeding center.

To conduct a comprehensive analysis, the following indicators were examined: the lineage of sires, mares, and youngstock; conformation metrics; racing career; and the quantity and quality of offspring based on racetrack performance. Lineage was determined using five-generation pedigrees [3, 15].

Offspring quality was assessed based on: the number of progeny tested at racetracks; the number of starts; first-place and podium finishes; the number of offspring selected for breeding purposes; and body measurements [1, 5].

Results and Discussion. Line-based breeding has a long history in equine science. The achievements of prominent breeders in the past were primarily due to their ability to uncover the nuances of selection [3]. For A.G. Orlov (1735–1807) and V.I. Shishkin (1780–1845), who pioneered the Orlov Trotter breed, the principles of line breeding were clearly defined. Similar principles were applied by leading 18th-century English breeders such as R. Bakewell and the Colling brothers [4].

The Thoroughbred horses under study were distributed among 10 primary lines (Fig. 1). The highest number of high-performance horses belonged to the lines of Northern Dancer, Native Dancer, Nasrullah, and Dark Ronald [1, 13]. Notably, the first three lines are direct descendants of the world-renowned Nearco line [4, 15]. These horses are characterized by high athletic capacity and superior conformation. Specifically, out of 1,812 starts, they achieved podium finishes 1,027 times.

Representatives of the Northern Dancer line demonstrated exceptional results. Out of 825 races, they secured 615 victories, with a total of 788 prize-winning placements [13]. Notable examples include the chestnut stallion Don Or (*Orlov – Donna Bova*), who placed in all 24 of his starts, including 6 wins (racing in Warsaw), and Efix (*Freedom Run – Expansiya*), who placed 12 times in 13 starts, with 5 victories.

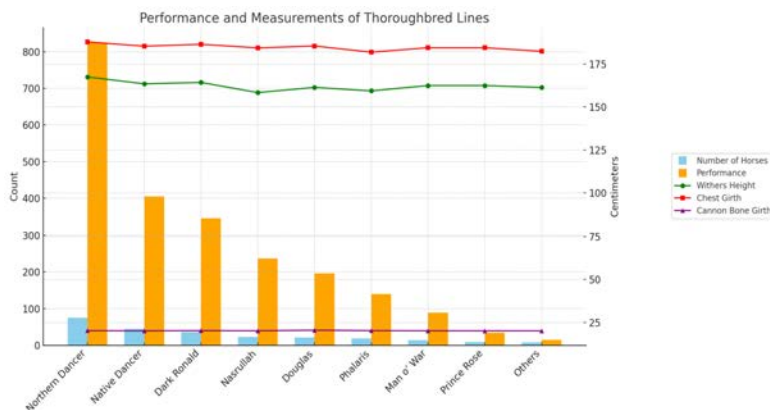


Fig. 1. Lineage distribution of high-performance racehorses

A decade ago, significant emphasis was placed on domestic lines, such as the Douglas line. However, analysis indicates that under modern racing conditions, this line cannot compete with global lines recently introduced into Ukrainian breeding programs [1, 2]. Data shows that out of 196 starts, the Douglas line representatives achieved only 37 prize-winning placements, indicating a very low success rate.

Representatives of other lines were fewer in number and displayed lower athletic performance and inferior conformation metrics [16].

A critical aspect of line breeding is "nicking" or line compatibility. This involves achieving genetic uniformity within a stud line while maximizing productivity through proven "golden crosses" [3]. Theoretically, the optimal effect is reached when loci with overdominance become homozygous and the interaction between loci is maximized, while deleterious recessive genes are suppressed [15].

The effectiveness of various combinations is heavily influenced by the prepotency of the dams' sires and the individual prepotency of the mares [2, 3].

Our research indicates that high-performance horses in Ukrainian stud farms represent 30 different line combinations. Among these (Fig. 2), the most prominent are: Northern Dancer × Prince Rose, Native Dancer × Prince Rose, Dark Ronald × Ribot, and Northern Dancer × Dark Ronald [1]. Notably, high-performance offspring are frequently produced when using various sires on daughters of Avral. These horses are distinguished by excellent conformation, significant height, and robust skeletal structures.

Testing these representatives on racetracks yields substantial economic returns [14]. For instance, horses from the Northern Dancer × Prince Rose cross earned 1,673,100 UAH in 435 races, while the Native Dancer × Prince Rose cross earned 1,086,000 UAH from 378 starts. A standout example is the bay mare Chakra (*Chiff Needaben – Basma, daughter of Avral*), who placed in all 7 of her starts in traditional stakes (7: 4-2-0-1). She won the Open Prize three times over various distances (1600m, 1800m, and 2000m) and the Prize of the Ministry of Agriculture of Ukraine, demonstrating both sprinting and staying abilities.

Another notable performer is the 1998 Oaks winner, the bay mare Rauta (*Art – Rada, daughter of Avral*), from the Man o' War × Prince Rose cross. In 6 starts, she won five major prizes, including the Oaks. Similarly, the bay mare Khloya (born 2000, *Freedom Run – Khaisa*) also won the prestigious Oaks for 3-year-old mares.

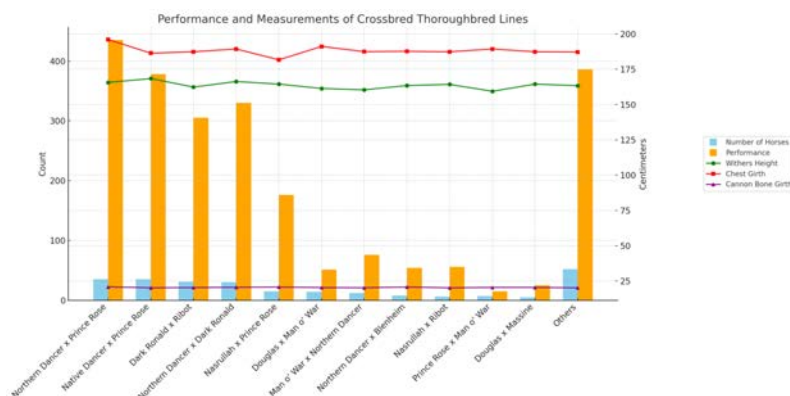


Fig. 2. Line combinations in high-performance racehorses

The analysis also highlights the chestnut stallion Broker (*Grim – Balistyka, daughter of Avral*), representing the Phalaris × Ribot cross. Although he is the sole representative

of this nick in the sample, he placed 16 times in 19 starts, winning numerous elite prizes including the Elite Prize and the Ukraine Prize [1].

Based on these findings, the significance of lines and crosses with smaller populations should not be overlooked, as these individuals frequently demonstrate elite racing class and win traditional stakes [13, 15].

A comparative analysis with international data shows a high degree of consistency [4, 13]. Global trends confirm the dominance of Northern Dancer descendants in classic races [15]. Our results mirror these trends within the Ukrainian population and validate the "targeted crossing" strategy aimed at balancing speed, stamina, and structural soundness [16].

Furthermore, the "golden crosses" identified – such as Northern Dancer × Prince Rose – correlate with international practices of combining lines with complementary speed-stamina profiles [13, 16]. However, local features were also observed: the Ukrainian sample shows higher relative efficiency in certain small-scale crosses where the strong prepotency of individual mares compensates for the line's lower frequency in the population [1, 2].

Conclusions

1. The majority of high-performance Thoroughbreds and traditional prize winners belong to the Northern Dancer, Native Dancer, Nasrullah, and Dark Ronald lines.

2. Incorporating elite global lines (Northern Dancer, Dark Ronald, Nasrullah, Phalaris) into domestic breeding programs enables high economic returns and allows Ukrainian horses to compete effectively on the international stage.

3. The most effective "nicks" were identified as Northern Dancer × Prince Rose, Native Dancer × Prince Rose, Dark Ronald × Ribot, and Northern Dancer × Dark Ronald. Offspring from these crosses combine elite racing class with superior conformation.

4. The alignment of our observations with international practices confirms that the national breeding strategy is on the correct trajectory. The integration of genomics, controlled inbreeding management, and welfare criteria provides a foundation for sustainable growth in the industry for 2026–2035. For Ukrainian stud farms, a strategy of "managed diversification" is recommended: maintaining core lines while investing in promising, high-potential "niche" crosses.

REFERENCES:

1. Ільницька Т. Аналіз генеалогічної структури спортивного поголів'я коней в Україні. *Біологія тварин*. 2024. Т. 26, № 3. С. 69. URL: <https://www.researchgate.net/publication/385648272>
2. Ткачова І. В. Система селекції у конярстві. *Вісник аграрної науки*. 2017. № 12. С. 40–43. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201712-07>
3. Ткачова І. В., Фролова Г. О. Генеалогічні лінії в орловській рисистій породі коней української частини популяції. *Біологія тварин*. 2021. Т. 23, № 4. С. 20–29. <https://doi.org/10.15407/animbiol23.04.020>
4. Bower M. A., Campana M. G., Nisbet R. E. R., Weller R., Whitten M. et al. Truth in the Bones: Resolving the Identity of the Founding Elite Thoroughbred Racehorses. *Archaeometry*. 2012. Vol. 54, No. 5. P. 916–925. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4754.2012.00666.x>
5. Evans D. L., McGreevy P. D. An Investigation of Racing Performance and Whip Use by Jockeys in Thoroughbred Races. *PLOS ONE*. 2011. Vol. 6, No. 1. P. e15622. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0015622>
6. Furtado T., Preshaw L., Hockenhull J., Wathan J., Douglas J., Horseman S., Smith R., Pollard D., Pinchbeck G., Rogers J., Hall C. How happy are equine athletes?

Stakeholder perceptions of equine welfare issues associated with equestrian sport. *Animals*. 2021. Vol. 11, No. 11. P. 3228. <https://doi.org/10.3390/ani11113228>

7. Hitchens P. L., Hill A. E., Stover S. M., Cohen N. D. The role of catastrophic injury or sudden death of Thoroughbred racehorses in race day fatalities in the United States. *Equine Veterinary Journal*. 2013. Vol. 45, No. 6. P. 614–618. <https://doi.org/10.1111/evj.12069>

8. Mactaggart G., Waran N., Phillips C. J. C. Identification of Thoroughbred Racehorse Welfare Issues by Industry Stakeholders. *Animals*. 2021. Vol. 11, No. 5. P. 1358. <https://doi.org/10.3390/ani11051358>

9. McGreevy P. D., McLean A. N. Ethical equitation: Capping the price horses pay for human glory. *Journal of Veterinary Behavior: Clinical Applications and Research*. 2010. Vol. 5, No. 4. P. 203–209. <https://doi.org/10.1016/j.jveb.2010.05.003>

10. McManus P., Thompson K. Thoroughbred racehorse welfare through the lens of 'social license to operate'. *Sustainability*. 2020. Vol. 12, No. 5. P. 1706. <https://doi.org/10.3390/su12051706>

11. Mellor D. J., Beausoleil N. J., Littlewood K. E., McLean A. N., McGreevy P. D., Jones B., Wilkins C. The 2020 five domains model: Including human–animal interactions in assessments of animal welfare. *Animals*. 2020. Vol. 10, No. 10. P. 1870. <https://doi.org/10.3390/ani10101870>

12. Parkin T. D. H. Risk factors for fatal lateral condylar fracture of the third metacarpus/metatarsus in UK Thoroughbred racehorses. *Equine Veterinary Journal*. 2013. Vol. 45, No. 6. P. 624–628. <https://doi.org/10.1111/evj.12070>

13. Sharman P., Wilson A. J. Genetic improvement of speed across distance categories in Thoroughbred racehorses in Great Britain. *Heredity*. 2023. Vol. 131. P. 79–85. <https://doi.org/10.1038/s41437-023-00623-8>

14. Stallones L., McManus P., McGreevy P. Sustainability and the Thoroughbred breeding and racing industries: Enhancing One Welfare. *Animals*. 2023. Vol. 13, No. 3. P. 490. <https://doi.org/10.3390/ani13030490>

15. Todd E. T., Ho S. Y. W., Thomson P. C., Ang R. A., Velie B. D., Hamilton N. A. Genomic inbreeding trends, influential sire lines and selection in the Thoroughbred horse. *Scientific Reports*. 2020. Vol. 10, No. 1. P. 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-57389-5>

16. Usherwood J. R., Wilson A. M. Optimal speed in Thoroughbred horse racing. *PLOS ONE*. 2020. Vol. 15, No. 12. P. 1–18. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0235024>

Дата першого надходження статті до видання: 07.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 634.23:664.8.037.1

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.1.33>

ВТРАТИ МАСИ ПЛОДІВ ЧЕРЕШНІ ТА ВИШНІ ЗА ДІЇ СПОСОБУ ПОПЕРЕДНЬОГО ОХОЛОДЖЕННЯ

Іванова І.Є. – д.т.н., доцент,

декан факультету агротехнологій та екології,

Таврійський державний агротехнологічний університет

імені Дмитра Моторного

orcid.org/0000-0003-2711-2021

Сердюк М.Є. – д.т.н.,

професор кафедри готельно-ресторанної справи та туризму,

Національний університет біоресурсів і природокористування України

orcid.org/0000-0002-6504-4093

Кривонос І.А. – старший викладач кафедри іноземних мов,

Таврійський державний агротехнологічний університет

імені Дмитра Моторного

orcid.org/0000-0001-7079-5150

Шкіндер-Барміна А.М. – к.с.-г.н., старший дослідник,

завідувачка відділом садівництва,

Інститут аграрних ресурсів та регіонального розвитку

Національної академії аграрних наук України

orcid.org/0000-0002-8818-7820

Нежнова Н.Г. – старший викладач кафедри рослинництва

та садівництва ім. професора В. В. Калитки,

Таврійський державний агротехнологічний університет

імені Дмитра Моторного

orcid.org/0000-0003-1931-3632

Удосконалення технологічних режимів і методів термічної обробки плодоовочевої групи товарів є стратегічним напрямом, що дозволяє не лише наростити обсяги доступних харчових ресурсів за рахунок мінімізації втрат, а й суттєво оптимізувати використання потенціалу переробних підприємств при одночасному зниженні екологічного навантаження. Застосування різнопланових технік попереднього охолодження – зокрема повітряного потоку, зрошення водою, використання крижаних суспензій або інтегрованих схем – виступає дієвим механізмом для стабілізації якісних показників і суттєвого подовження періоду зберігання врожаю. Проте ефективність таких заходів безпосередньо залежить від врахування сортових характеристик, вихідного температурного фону та параметрів середовища, оскільки ігнорування цих аспектів провокує втрати маси плодів, випаровування вологи та призводить до деградації споживчих властивостей. Здатність вишні та черешні до тривалого зберігання та подальшої переробки у готову продукцію лімітується їхніми анатомічними параметрами, стійкістю структури, біохімічним профілем і рівнем фізіологічної активності після відокремлення від материнської рослини. Саме ці дескриптори визначають як життєздатність плодів, так і їхню технологічну придатність до переробки.

Враховуючи вищевикладене, ключовим завданням нашої науково-дослідної роботи було вивчення динаміки зменшення ваги черешні та вишні під впливом чотирьох варіантів охолодження: традиційного повітряного, примусового (інтенсивного) повітряного,



гідроохолодження, а також розробленого комбінованого підходу. Для оптимізації процесу зберігання було запропоновано та протестовано двоступеневу схему охолодження, поєднану з експозицією плодів у природних органічних розчинах. Дана композиція базувалася на використанні молочної та оцтової кислот, розчинених у дистильованому середовищі. Об'єктами експериментального моделювання обрано низку сортів із різними термінами дозрівання: Валерії Чкалов, Мелітопольська чорна, Крупноплідна, а також вишня сорту Встреча.

Експериментально підтверджено, що застосування комбінованого способу доохолодження забезпечило зниження дефіциту маси у 11,3 рази порівняно з інерційним повітряним охолодженням та у 22,9 рази порівняно з інтенсивним обдувом. Отримані дані підкреслюють переваги двофазного термічного впливу в контексті пригнічення процесів транспірації і зміцнення здатності тканин утримувати внутрішню вологу. Згідно з результатами проведеного математико-статистичного аналізу, саме обраний спосіб попередньої обробки (фактор А) є домінуючим чинником, що на 97,4 % зумовлює загальну дисперсію показника втрат маси досліджуваних плодів.

Ключові слова: плодова сировина, дисперсійний аналіз, обробка плодів, молочна кислота, оцтова кислота, двоступеневе охолодження продукції, терміни достигання.

Ivanova I.Ye., Serdyuk M.Ye., Kryvonos I.A., Shkinder-Barmina A.M., Nezhnova N.H.
Loss of weight of cherries and sour cherries due to the effects of pre-cooling

Improving the technological modes and methods of heat treatment of fruit and vegetable products is a strategic direction that allows not only to increase the volume of available food resources by minimising losses, but also to significantly optimise the use of the potential of processing enterprises while reducing the environmental impact. The use of various pre-cooling techniques, in particular air flow, water irrigation, the use of ice suspensions or integrated schemes, is an effective mechanism for stabilising quality indicators and significantly extending the storage period of the harvest. However, the effectiveness of such measures directly depends on taking into account varietal characteristics, initial temperature background and environmental parameters, since ignoring these aspects provokes fruit weight loss, moisture evaporation and leads to the degradation of consumer properties. The ability of cherries and sour cherries to be stored for a long time and then processed into finished products is limited by their anatomical parameters, structural stability, biochemical profile, and level of physiological activity after separation from the mother plant. These descriptors determine both the viability of the fruit and its technological suitability for processing.

Considering the above, the key task of our research was to study the dynamics of weight loss in cherries and sour cherries under the influence of four cooling variations: traditional air cooling, forced (intensive) air cooling, hydrocooling, and a combined approach. To optimise the storage process, a two-stage cooling scheme combined with exposure of the fruit to natural organic solutions was proposed and tested. This composition was based on the use of lactic and acetic acids dissolved in a distilled medium. A number of varieties with different ripening times were selected for experimental modelling: Valerii Chkalov, Melitopolska chorna, Krupnoplidna, and variety of sour cherry - Vstrecha.

It has been experimentally confirmed that the use of a combined cooling method reduced the weight deficit by 11,3 times compared to inertial air cooling and by 22,9 times compared to intensive blowing. The data obtained emphasise the advantages of two-phase thermal exposure in the context of suppressing transpiration processes and strengthening the ability of tissues to retain internal moisture. According to the results of the mathematical and statistical analysis, the selected method of pre-treatment (factor A) is the dominant factor, accounting for 97,4% of the total variance in the mass loss of the studied fruits.

Key words: fruit raw materials, dispersion analysis, fruit processing, lactic acid, acetic acid, two-stage product cooling, ripening periods.

Актуальність теми дослідження. Черешня і вишня є плодовоовочевими швидкопсувними продуктами, які схильні до значної втрати ваги при зберіганні і транспортуванні через інтенсивне випаровування вологи і механічні пошкодження. У сучасних умовах плодовоовочевої галузі пошук ефективних технологічних методів, що дозволяють зберегти якість продукції та мінімізувати післязбиральні втрати, стає особливо актуальним. Одним з таких методів є попереднє охолодження

плодів, яке допомагає уповільнити фізіологічні та біохімічні процеси і знизити втрату ваги. У зв'язку з цим вивчення впливу методів попереднього охолодження на збереження черешні та вишні має важливе значення для підвищення ефективності їх зберігання, транспортування та реалізації.

Постановка проблеми. Застосування охолодження як першочергового технологічного етапу дає змогу істотно сповільнити фізіологічне старіння плодів, зменшити інтенсивність ферментативних реакцій, попередити втрату маси та забезпечити пролонгацію збереження текстури, кольору, аромату й вмісту біологічно активних речовин [1; 2].

Післязбиральну холодильну обробку десятиліттями традиційно використовують для продовження термінів зберігання черешні та вишні, але механізми, що лежать в основі холод залежного післязбирального дозрівання плодів, усе ще розкрито недостатньо [3].

Для підвищення частки споживання свіжих плодів необхідне впровадження нових маркетингових стратегій та вдосконалення технологій зберігання, що дозволить продовжити свіжість і зберегти якісні характеристики фруктів [4]. Водночас значна частина виробництва фруктів і овочів є сезонною та характеризується коротким маркетинговим циклом, що призводить до перенасичення ринку в пікові періоди та великих втрат і відходів. Отже, охолодження є багатофакторною технологією, що забезпечує синергетичне збереження структурної цілісності, органолептичної привабливості та біохімічної функціональності плодів. Застосування раціональних режимів охолодження з оперттям на сортові особливості черешні та вишні є ключовою умовою для продовження терміну зберігання без втрати споживчих властивостей та маси плодів. Поглиблене розуміння механізмів дії холоду на біологічні системи плодів та зменшення їх маси відкриває перспективи для подальшої оптимізації холодового ланцюга з урахуванням вимог сучасного плодівництва та логістики

Метою статті було проведення аналізу втрати маси плодів черешні трьох термінів достигання та вишні після зберігання за різних способів попереднього охолодження.

Для реалізації мети були вирішені такі завдання:

- проаналізувати показники втрати маси плодів черешні та вишні за дії повітряного повільного, інтенсивного повітряного, гідро та комбінованого способів доохолодження плодів;
- виділити найкращу групу сортів черешні та вишні що мають найменші втрати маси плодів після зберігання за дії способів охолодження;
- провести статистичний аналіз даних та визначити домінуючий чинник, що зумовлює загальну дисперсію показника втрат маси досліджуваних плодів.

Методика досліджень. Для проведення експериментів було відібрано плоди вишні («Встреча») та черешні («Крупноплідна», «Валерій Чкалов», «Мелітопольська чорна»). Втрату маси плодів, зібраних у стані повної стиглості, перевіряли на відповідність ДСТУ 8153:2015 [5; 6]. Технологічна підготовка включала сортування, калібрування та пакування плодів насипом у ящики вагою по 10 кг.

Попереднє охолодження плодів проводили безпосередньо після їх збирання такими способами: пасивним повітряним способом (ППС), інтенсивним повітряними способами (ІПС), гідроохолодженням (ГО), комбінованим способом (КС), рис. 1.



Рис. 1. Способи охолодження плодів черешні та вишні

Основні результати дослідження. Втрата маси плодів (Рис. 2) є ключовим індикатором їхньої лежкості та стабільності якості як після попереднього охолодження, так і під час тривалого зберігання. Цей показник комплексно відображає інтенсивність дихання, транспірації та інших фізико-хімічних змін, що відбуваються у тканинах плодів у процесі тепломасообміну.

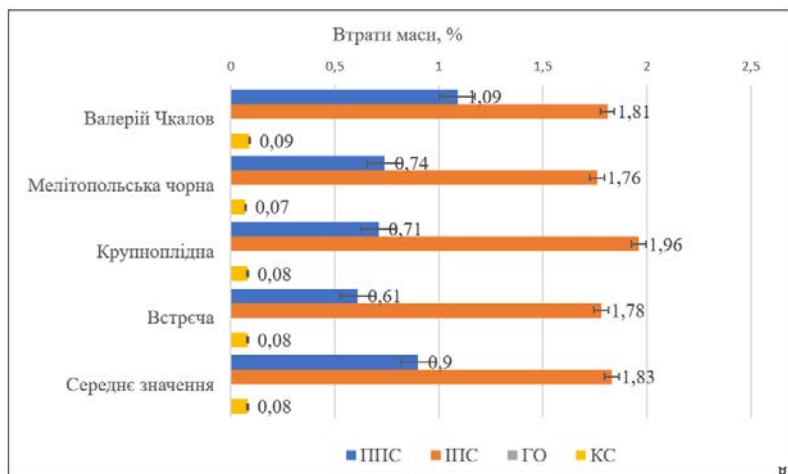


Рис. 2. Величина втрати маси модельних сортів плодів черешні трьох термінів достигання та вишні за охолодження різними способами

Під час ІПС-охолодження випаровування вологи спричинило втрату маси плодів на рівні 1,83 %. Найбільш вразливою до інтенсивного обдування виявилася черешня сорту «Крупноплідна» (1,96 %), тоді як сорт «Мелітопольська чорна» проявив вищу стійкість (1,76 %). Основними факторами впливу стали фізіологічний стан плодів та особливості будови їхніх покривних тканин.

Використання ППС дозволило скоротити втрати маси в середньому у 2,03 рази порівняно з ППС. Такий ефект зумовлений зниженням швидкості повітряних мас, що уповільнює транспірацію попри збільшення часу охолодження. Натомість висока турбулентність повітря за умов ППС, прискорюючи тепловіддачу, одночасно інтенсифікує випаровування вологи, що призводить до зростання природного убутку продукції.

При гідроохолодженні втрати маси плодів були відсутні завдяки прямому контакту з рідким холодоагентом, що виключає вологообмін із зовнішнім середовищем. Даний метод ефективно гальмує дихання та термогенез, забезпечуючи повне збереження вихідної маси. Проте технологічним обмеженням методу є залишкова волога на поверхні плодів, яку необхідно видаляти перед пакуванням чи транспортуванням.

Застосування комбінованого способу (гідро- та інтенсивне повітряне охолодження) забезпечило мінімальні втрати маси на рівні 0,08 % (від 0,07 % у сорту «Мелітопольська чорна» до 0,09 % у сорту «Валерій Чкалов»). Порівняно з ППС та ППС втрати маси за КС були нижчими у 11,3 та 22,9 рази відповідно, що підтверджує переваги двоступеневої схеми для збереження вологоутримувальної здатності тканин.

Експериментально встановлено, що середня втрата маси при ППС є у 2,03 рази нижчою, ніж при ППС. Це пояснюється менш інтенсивним повітряним потоком, який обмежує транспірацію, попри триваліший період охолодження. У свою чергу, висока турбулентність при ППС стимулює випаровування, підвищуючи рівень природних втрат.

Гідроохолодження гарантує повну відсутність втрат маси, оскільки контакт із рідким середовищем блокує дифузію вологи, пригнічує метаболізм і термогенез. Специфікою методу є наявність крапельної вологи на поверхні продукції, що потребує додаткової операції з її видалення.

Комбінований спосіб продемонстрував найвищу ефективність: середній убуток маси склав лише 0,08 % (0,07–0,09 % залежно від сорту). Показники КС виявилися у 11,3 рази кращими за ППС та у 22,9 рази – за ППС. Такі дані засвідчують, що двоступеневий підхід дозволяє максимально зберегти гідратацію тканин плодів.

Результати двофакторного дисперсійного аналізу (рис. 3) підтвердили визначальну роль способу попереднього охолодження у зміні маси плодів.

Рис. 3. Частка впливу досліджуваних факторів та їхньої взаємодії на варіабельність втрати маси плодів, %

Встановлено, що фактор А (спосіб охолодження) зумовлює 97,4 % загальної варіації досліджуваного показника. При цьому вплив сортових характеристик (фактор В), мікрофакторна взаємодія (АВ) та випадкові чинники виявилися статистично неістотними, сукупно не перевищуючи 1,6 %.

Висновки

1. Застосування цих оптимізованих режимів сприяє зниженню масових втрат плодів (до 1,68–1,99 %). Отримані результати створюють наукове підґрунтя для розробки технологій передзберігального охолодження як інструмента оптимізації зберігання і післязбиральної логістики плодової продукції для свіжого споживання й виробництва харчових продуктів.

2. Дослідження впливу способів попереднього охолодження на збереження плодів черешні та вишні показали, що комбінований метод є найбільш технологічно ефективним. Він забезпечує мінімальні втрати маси плодів (у 11,3 – 22,9 разів менші порівняно з пасивним та інтенсивним повітряними способами відповідно).

Гідроохолодження демонструє найшвидше зниження температури плодів і мінімальні втрати маси.

3. Повітряні способи поступаються за технологічними показниками через вищі втрати маси та меншу стабілізацію дихальної активності.

Застосування комбінованого способу охолодження доцільне для оптимізації зберігання та транспортування плодів черешні й вишні, що є важливим чинником підвищення ефективності холодильного ланцюга й економічної результативності плодоовочевої галузі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Study of microbiological quality of controlled atmosphere packaged ‘Ambrunés’ sweet cherries and subsequent shelf-life / Serradilla M. J., del Carmen Villalobos M., Hernández A. et al. *Int. J. Food Microbiol.* 2013. Vol. 166. P. 85–92.

2. The use of natural antifungal compounds improves the beneficial effect of MAP in sweet cherry storage / Serrano M., Martínez-Romero D., Castillo S. et al. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 2005. Vol. 6. P. 115–123.

3. Postharvest responses of sweet cherry fruit and stem tissues revealed by metabolomic profiling / Karagiannis E., Michailidis M., Karamanoli K. et al. *Plant Physiology and Biochemistry.* 2018. Vol. 127. P. 478–484. DOI: 10.1016/j.plaphy.2018.04.029

4. Factors of the marketing macro system effecting children’s food production / Dunn J., Brunner T., Legeza D. et al. *Economic Annals-XXI.* 2018. Vol. 170, No. 3/4. P. 49–56. DOI: <https://doi.org/10.21003/ea.V170-09>

5. ДСТУ 8153:2015 Черешня свіжа. Технічні умови. [Чинний від 2017-01-01]. Київ: ДП «УкрНДНЦ». 2017. 5 с. (Інформація та документація).

6. Дослідницький практикум. Частина 1. Методи дослідження плодоовочевої та ягідної продукції : підручник / М. Є. Сердюк., О. П. Прісс, Н. А. Гапріндашвілі та ін. Мелітополь: Люкс, 2020. 370 с.

Дата першого надходження статті до видання: 01.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 636.082.453

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.1.34>

ВПЛИВ ГОМОГЕНАТУ ТРУТНЕВОГО РОЗПЛОДУ НА ФІЗИКО-БІОХІМІЧНІ, МОРФОЛОГІЧНІ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНІ ПОКАЗНИКИ СПЕРМИ КНУРІВ-ПЛІДНИКІВ

Івахів М.А. – к.вет.н.,

доцент кафедри акушерства, гінекології

та біотехнологій відтворення тварин імені Галини Зверевеї,

Львівський національний університет ветеринарної медицини

та біотехнологій імені С. З. Гжицького

orcid.org/0000-0002-9825-5647

Федина С.Р. – аспірант кафедри технологій виробництва

та переробки продукції дрібних тварин,

Львівський національний університет ветеринарної медицини

та біотехнологій імені С. З. Гжицького

orcid.org/0009-0001-0822-213X

Метою дослідження є встановлення особливостей впливу гомогенату трутневого розплоду на фізико-біохімічні, морфологічні та функціональні показники сперми кнурів-плідників для наукового обґрунтування доцільності його використання у системі підвищення репродуктивної ефективності свинарства. Об'єктом дослідження є процес формування якісних показників сперми кнурів-плідників під впливом біологічно активних компонентів гомогенату трутневого розплоду. В роботі розкрито науково-практичне значення дослідження впливу гомогенату трутневого розплоду на фізико-біохімічні, морфологічні та функціональні показники сперми кнурів-плідників. Актуальність теми зумовлена тим, що в сучасному свинарстві результативність відтворення значною мірою визначається якістю сперми плідників, а самі спермії кнурів є особливо чутливими до оксидативного стресу, технологічного навантаження, сезонних коливань температури та умов зберігання. На цьому тлі пошук природних біоактивних засобів, здатних підтримати стабільність сперматогенезу та функціональну повноцінність спермій, постає важливим напрямом розвитку галузі. Гомогенат трутневого розплоду розглядається як малодосліджений, але біологічно цінний продукт бджільництва, що містить білки, амінокислоти, ліпіди, жирні кислоти, вітаміни, мінеральні речовини та гормоноподібні компоненти, які можуть позитивно впливати на метаболічні процеси в організмі самців і на стан репродуктивної системи. У дослідженні обґрунтовується, що застосування цього продукту доцільно оцінювати не лише за загальними показниками еякуляту, а й за комплексом ознак, до якого входять концентрація спермій, їх рухливість, виживаність, морфологічна повноцінність, цілісність плазматичної мембрани, функціональний стан акросоми, активність антиоксидантних ферментів та інтенсивність перекисного окиснення ліпідів.

Ключові слова: гомогенат трутневого розплоду, кнури-плідники, сперма, рухливість спермій, морфологія спермій, антиоксидантний захист, фізико-біохімічні показники, функціональні показники, репродуктивна здатність, свинарство.

Ivakhiv M.A., Fedyna S.R. The effect of drone brood homogenate on the physicochemical, morphological, and functional parameters of boar semen

The aim of the study is to establish the features of the influence of drone brood homogenate on the physico-biochemical, morphological and functional indicators of the sperm of breeding boars in order to scientifically substantiate the feasibility of its use in the system of increasing the reproductive efficiency of pig farming. The object of the study is the process of forming qualitative



© Івахів М.А., Федина С.Р., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

indicators of the sperm of breeding boars under the influence of biologically active components of drone brood homogenate. The work reveals the scientific and practical significance of the study of the influence of drone brood homogenate on the physico-biochemical, morphological and functional indicators of the sperm of breeding boars. The relevance of the topic is due to the fact that in modern pig farming, the effectiveness of reproduction is largely determined by the quality of the sperm of breeding boars, and the boar sperm themselves are particularly sensitive to oxidative stress, technological load, seasonal fluctuations in temperature and storage conditions. Against this background, the search for natural bioactive agents capable of supporting the stability of spermatogenesis and the functional fullness of spermatozoa is an important direction for the development of the industry. Drone brood homogenate is considered a little-studied, but biologically valuable beekeeping product containing proteins, amino acids, lipids, fatty acids, vitamins, minerals and hormone-like components that can positively affect metabolic processes in the male organism and the state of the reproductive system. The study substantiates that the use of this product should be evaluated not only by the general parameters of the ejaculate, but also by a complex of signs, which includes sperm concentration, their motility, survival, morphological fullness, plasma membrane integrity, functional state of the acrosome, activity of antioxidant enzymes and intensity of lipid peroxidation.

Key words: drone brood homogenate, breeding boars, sperm, sperm motility, sperm morphology, antioxidant protection, physical and biochemical parameters, functional parameters, reproductive capacity, pig farming.

Постановка проблеми. Актуальність теми зумовлена тим, що у сучасному свинарстві відтворення переважно спирається на штучне осіменіння, а отже навіть незначне погіршення якості еякуляту безпосередньо позначається на запліднювальній здатності, кількості одержаних доз сперми та загальній продуктивності стада. Для сперміїв кнурів характерна висока чутливість до оксидативного ушкодження, до технологічного стресу та до умов зберігання, через що знижуються рухливість, життєздатність, цілісність плазматичної мембрани й акросоми, мітохондріальна активність та стабільність дезоксирибонуклеїнової кислоти, а разом із цим погіршуються показники фертильності. Новітні огляди і дослідження наголошують, що саме комплексне оцінювання морфологічних, функціональних і молекулярних характеристик сперми являється найбільш інформативним підходом для прогнозування репродуктивної цінності кнурів-плідників. Відтак, вивчення чинників, здатних підтримати якість сперми на рівні клітинних структур, енергетичного обміну та антиоксидантного захисту, постає не лише як теоретично вагоме, а і як практично необхідне завдання для підвищення ефективності племінної роботи у свинарстві.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У сучасній науковій літературі проблема підвищення репродуктивної здатності кнурів-плідників усе виразніше пов'язується з пошуком природних біологічно активних добавок, які б поєднували високу фізіологічну ефективність із екологічною безпечністю [1-10]. Саме в такому напрямі Ю. Ковальський, М. Івахів і С. Федина [1] розглядають біологічно активні речовини трутневого розплоду як перспективний інструмент підвищення репродуктивних показників кнурів-плідників. Автори підкреслюють, що цінність цього продукту визначається його комплексним складом, який здатен впливати не лише на окремі параметри сперми, а й на метаболічні та гормональні процеси в організмі самців. Експериментальне підтвердження доцільності використання гомогенату трутневих личинок у годівлі кнурів-плідників наведено у праці А. Шості, Я. Ємця, О. Мороза, І. Ступаря, І. Павлової та М. Маслак [2]. Автори встановили, що додаткове згодовування гомогенату трутневих личинок дорослим кнурам великої білої породи зумовлює істотне покращення якісних і кількісних показників спермопродукції. Поглиблення механістичного бачення цієї проблематики представлено у роботі А. Шості, Я. Ємця, Б. Шафрівського, В. Цибенка та М. Сокирка [3], де основну увагу зосереджено на формуванні

прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу у кнурів-плідників під впливом гомогенату трутневих личинок.

Мета досліджень. Метою дослідження є встановлення особливостей впливу гомогенату трутневого розплоду на фізико біохімічні, морфологічні та функціональні показники сперми кнурів плідників для наукового обґрунтування доцільності його використання у системі підвищення репродуктивної ефективності свинарства. Об'єктом дослідження є процес формування якісних показників сперми кнурів плідників під впливом біологічно активних компонентів гомогенату трутневого розплоду.

Результати досліджень. Сперма кнурів плідників являється надзвичайно чутливою біологічною системою, у якій навіть помірні зрушення в енергетичному обміні, стані мембран або антиоксидантному захисті швидко переходять у практичні втрати для свинарства. У виробничих умовах уже недостатньо оцінювати лише об'єм еякуляту, концентрацію і загальну рухливість. Сучасне бачення передбачає поєднання фізичних, біохімічних, морфологічних і функціональних характеристик, оскільки саме плазматична мембрана, акросома, мітохондрії, рівень реактивних форм кисню та цілісність хроматину відображають справжню запліднювальну здатність спермій. Для кнурів проблема особливо вагома, бо їхні сперматозоїди містять високі частки поліненасичених жирних кислот у мембрані, а тому легше зазнають перекисного окиснення ліпідів. При такого роду умовах ушкодження мембран, зниження рухливості, погіршення акросомальної цілісності та мітохондріального потенціалу швидко зменшують фертильність, особливо влітку та під час рідкого зберігання сперми (табл.1).

Таблиця 1

Основні складові повного оцінювання сперми кнурів плідників

Складова оцінювання	Що саме визначають	Чому показник має вирішальне значення
Фізичні показники еякуляту	Оцінюють об'єм еякуляту, концентрацію спермій, загальну кількість клітин у дозі, а також динаміку змін під час зберігання	Такі показники відображають загальну продуктивність кнура і безпосередньо впливають на кількість придатних доз для осіменіння
Морфологічні показники	Аналізують форму головки, шийки і хвоста спермія, частку патологічних клітин, наявність дефектів акросоми	Морфологічні відхилення не рідко свідчать про порушення сперматогенезу, тепловий стрес або оксидативне ушкодження
Біохімічні показники	Визначають активність супероксиддисмутази, каталази, глутатіонпероксидази, вміст аскорбінової кислоти, відновленого глутатіону, продуктів перекисного окиснення	Саме вони відображають, чи переважають у спермі пошкоджувальні процеси, чи захисні механізми
Функціональні показники	Оцінюють прогресивну рухливість, життєздатність, цілісність плазматичної мембрани, акросоми, мітохондріальний мембранний потенціал, стійкість до зберігання	Такі характеристики найближче пов'язані з реальною здатністю спермія дістатися яйцеклітини та здійснити запліднення
Кінцеві репродуктивні результати	Аналізують запліднюваність свиноматок, багатоплідність, стабільність показників між циклами	Лабораторні ознаки мають практичну цінність лише тоді, коли переходять у кращий відтворний результат

Сформовано авторами

За наявними оглядами він містить білки, ліпіди, жирні кислоти, вуглеводи, вітаміни А, групи В, Е і D, мінеральні речовини, широкий спектр амінокислот, а на ранніх стадіях розвитку трутневих личинок також стероїдні компоненти, зокрема тестостерон, прогестерон та естрадіол. Окремі джерела підкреслюють [1-5, що гомогенат має підвищені рівні статевих гормонів порівняно з близькими бджолопродуктами, а його склад залежить від стадії розвитку личинки, географії, клімату й технології обробки. Саме тут постає головне наукове питання. Чи здатне таке поєднання амінокислот, ліпідів, вітамінів, мінералів і гормоноподібних сполук змінювати не лише загальний обмін речовин кнура, а й мікросередовище сперматогенезу, антиоксидантний стан еякуляту та функціональну повноцінність спермій. Разом із цим велике значення має спосіб стабілізації продукту, бо висока температура може знижувати вміст гормонів і вітамінів, тоді як заморожування та ліофілізація за правильно підібраних режимів краще зберігають біологічну активність (табл.2).

Таблиця 2

**Компонентний склад гомогенату трутневого розплоду
та його можливий вплив на сперму кнурів**

Компонент	Що містить продукт	Можливий біологічний ефект у самця	Імовірний прояв у спермі кнурів
Білки та амінокислоти	Гомогенат містить значну білкову складову та широкий спектр незамінних і вільних амінокислот	Такі сполуки формують поживне підґрунтя для синтетичних процесів, оновлення тканин сім'яників і підтримання ферментних систем	Можливе зростання концентрації спермій, підвищення їхньої виживаності та покращення стійкості до технологічного навантаження
Ліпіди та жирні кислоти	Продукт багатий на ліпідні компоненти, які входять до складу клітинних мембран і беруть участь в енергетичному обміні	Такі речовини можуть підтримувати стабільність мембран та опосередковано впливати на рухливість клітин	Найбільш імовірним наслідком є покращення цілісності плазматичної мембрани, акросоми та кінематичних характеристик спермій
Вітаміни та мінеральні речовини	У складі описані жиророзчинні й водорозчинні вітаміни, а також мінерали, що беруть участь у ферментних реакціях	Вони здатні підтримувати антиоксидантний захист, енергетичний метаболізм та стабільність сперматогенезу	Очікуваними є нижчі рівні перекисного окиснення і краща життєздатність спермій під час зберігання
Стероїдні сполуки	На ранніх стадіях розвитку личинок у продукті виявляють тестостерон, прогестерон та естрадіол	Такі сполуки можуть опосередковано впливати на стероїдогенез, статеву активність і тканинний метаболізм репродуктивних органів	У практичному плані це може проявлятися покращенням об'єму еякуляту, концентрації клітин та функціональної зрілості спермій

Продовження таблиці 2

Компонент	Що містить продукт	Можливий біологічний ефект у самця	Імовірний прояв у спермі кнурів
Поліфенольні та антиоксидантні сполуки	Частина досліджень пов'язує активність продукту з фенольними речовинами та загальною антиоксидантною активністю	Така складова здатна гальмувати ушкоджувальну дію вільнорадикальних процесів	Найбільш імовірно, що позитивний ефект проявлятиметься через меншу інтенсивність ліпопероксидації і вищу рухливість спермійів
Технологічна стабільність продукту	Біологічна активність залежить від терміну збору личинок, температури обробки і форми консервування	Невдало обраний спосіб сушіння може послабити активність продукту, а правильно підібраний режим зберегти її	У дослідженні необхідно враховувати не лише дозу, а і форму препарату, інакше результати будуть неповними або суперечливими

Сформовано авторами

Найбільш переконливою буде така побудова, за якої кнурів поділяють на контрольну та кілька дослідних груп, а далі простежують не лише зміну об'єму еякуляту і концентрації спермійів, а й цілісність плазматичної мембрани, акросоми, мітохондріальний мембранний потенціал, показники рухливості, виживаність під час зберігання, вміст продуктів перекисного окиснення і активність антиоксидантних ферментів. Лише за такого підходу можна встановити, чи діє гомогенат трутневого розплоду переважно як трофічна добавка, як антиоксидантний модифікатор внутрішнього середовища сперми, як гормоноподібний регулятор або як поєднання всіх цих напрямів. Разом із цим у сучасних умовах доцільно враховувати сезон, оскільки влітку у кнурів знижуються рухливість, життєздатність, акросомальна цілісність, мітохондріальний потенціал та активність антиоксидантних маркерів, а тому саме в період теплового навантаження коригувальний ефект добавки може проявитися найвиразніше.

Не менш важливим є те, що гомогенат трутневого розплоду розглядається як малодосліджений, але біологічно насичений продукт бджільництва, який містить білки, ліпіди, жирні кислоти, вуглеводи, вітаміни, мінеральні речовини, окремі поліфенольні сполуки та природні стероїдні компоненти, зокрема тестостерон, прогестерон і естрадіол. У наукових працях показано, що продукти бджільництва здатні позитивно впливати на репродуктивне здоров'я ссавців, а для самого гомогенату трутневого розплоду описано антиоксидантні та андрогенні властивості, а також перспективність його використання у корекції порушень репродуктивної функції. Разом із цим даних саме щодо кнурів плідників залишається недостатньо, хоча досліді на інших видах тварин уже продемонстрували його вплив на прогресивну рухливість, виживання спермійів і метаболічну активність, а в дослідженнях на свинях підкреслено потребу у розробленні репродуктивних біотехнологій із застосуванням органічних стимуляторів ентомологічного походження.

Висновки. Проведений аналіз дає підстави стверджувати, що гомогенат трутневого розплоду являється перспективним природним чинником корекції репродуктивної здатності кнурів плідників, оскільки поєднує високу біологічну цінність

складу з потенційною антиоксидантною, трофічною та гормонотропною дією, а його застосування може позитивно відображатися на фізико-біохімічних, морфологічних і функціональних показниках сперми, зокрема на об'ємі еякуляту, концентрації спермій, їх рухливості, виживаності, цілісності клітинних мембран, стані антиоксидантного захисту та, як наслідок, на запліднювальній здатності у виробничих умовах, водночас остаточне підтвердження ефективності потребує чіткого врахування дози, форми препарату, сезону використання та особливостей технології його одержання і зберігання

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Ковальський Ю. В., Івахів М. А., Федина С. Р. Вивчення впливу біологічно активних речовин трутневого розплоду на репродуктивні показники кнурів-плідників. Таврійський науковий вісник. Серія «Сільськогосподарські науки». Вип. 142, ч. 1, 2025. С. 237–242.
2. Шостя А. М., Ємець Я. М., Мороз О. Г., Ступарь І. І., Павлова І. В., Маслак М. М. Вплив гомогенату трутневих личинок на якість спермопродукції у кнурів-плідників. Вісник Полтавської державної аграрної академії. № 2, 2019. С. 113–118.
3. Шостя А. М., Ємець Я. М., Шафрівський Б. С., Цибенко В. Г., Сокирко М. П. Вплив гомогенату трутневих личинок на прооксидантно-антиоксидантний гомеостаз у кнурів-плідників. Свинарство. Вип. 73, 2019. С. 218–225.
4. Yemets Y. M. Dietary effects of drone larvae homogenate on the homeostatic constants and the reproductive capacity of Large White gilts. Translational Research in Veterinary Science. Vol. 3, No. 2, 2020. P. 27–39.
5. Bolatovna K. S., Rustenov A., Eleuqalieva N., Omirzak T., Akhanov U. K. Improving Reproductive Qualities of Pigs Using the Drone Brood Homogenate. Biol Med (Aligarh). Vol. 7, No. 2, 2015. Article BM-091-15.
6. Sidor E., Džugan M. Drone Brood Homogenate as Natural Remedy for Treating Health Care Problem: A Scientific and Practical Approach. Molecules. Vol. 25, No. 23, 2020. Article 5699.
7. Stepchenko L., Galyzina L., Pavlova I., Shostya A., Kravchenko O., Masлак M. The Influence of Humic Nature Substances on the Quality of Sperm Production in Breeding Boars During Heat Stress. Scientific Progress & Innovations. № 4, 2019. P. 141–146.
8. Павлова І. В. Морфо-фізіологічні особливості спермій кнурів-плідників різних порід під час теплового стресу. Вісник Полтавської державної аграрної академії. № 3, 2020. С. 189–195.
9. Шостя А. М., Сарнавська І. В., Тендітник В. С., Кузьменко Л. М., Слинько В. Г., Шаферівський Б. С. Прооксидантно-антиоксидантний гомеостаз у кнурів-плідників залежно від умов утримання. Вісник Полтавської державної аграрної академії. № 3, 2020. С. 166–173.
10. Стояновський В. Г., Усенко С. О., Шостя А. М., Березницький В. І., Усенко О. О., Слинько Є. В. Прооксидантно-антиоксидантний гомеостаз у спермі кнурів-плідників з різними типами вищої нервової діяльності. Вісник Полтавської державної аграрної академії. № 3, 2020. С. 196–204.

Дата першого надходження статті до видання: 06.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 636.087.7:639.3

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.1.35>

ОЦІНКА АМІНОКИСЛОТНОГО ПРОФІЛЮ ПРОДУКТІВ ПЕРЕРОБКИ СОНЯШНИКУ ЯК АЛЬТЕРНАТИВИ РИБНОМУ БОРОШНУ

Ільчук І.І. – к.с.-г.н., доцент,

доцент кафедри годівлі тварин та технології кормів

імені П. Д. Пшеничного,

Національний університет біоресурсів і природокористування України

orcid.org/0000-0003-0961-6613

Боярчук С.В. – к.с.-г.н., доцент,

доцент кафедри годівлі тварин та технології кормів

імені П. Д. Пшеничного,

Національний університет біоресурсів і природокористування України

orcid.org/0000-0002-6319-9876

Гутий Б.В. – д.вет.н., професор,

завідувач кафедри гігієни, санітарії

та загальної ветеринарної профілактики ім. М. В. Демчука,

Львівський національний університет ветеринарної медицини

та біотехнологій імені С. З. Гжицького

orcid.org/0000-0002-5971-8776

У статті наведено результати комплексної оцінки амінокислотного профілю продуктів переробки соняшнику як потенційного альтернативного джерела білка при частковій або повній заміні рибного борошна у комбікормах для аквакультури. Актуальність проведеного дослідження зумовлена постійним зростанням дефіциту рибного борошна на світовому ринку, його високою собівартістю та обмеженою доступністю, що підкреслює необхідність пошуку ефективних, економічно доцільних і безпечних рослинних білкових інгредієнтів для кормовиробництва. Основною метою роботи було детально порівняти амінокислотний склад рибного борошна, соняшникового протеїнового концентрату, ізоляту соняшникового білку та соєового шроту, а також оцінити їх біологічну повноцінність з точки зору забезпечення фізіологічних потреб аквакультури.

Дослідження проведено із застосуванням методів порівняльного аналізу та візуалізації даних за допомогою радарних діаграм, що дозволило оцінити як абсолютний вміст амінокислот у продуктах, так і їх співвідношення, відхилення від еталонного профілю та відповідність потребам організмів водних видів. Встановлено, що рибне борошно характеризується найбільш збалансованим амінокислотним профілем і може розглядатися як еталонне джерело протеїну у комбікормах. Продукти переробки соняшнику демонструють задовільний рівень більшості незамінних амінокислот, проте мають суттєвий дефіцит лізину, що складає 40–60% від рівня рибного борошна, що є критичною обмежувальною ознакою. Водночас вони характеризуються підвищеним вмістом аргініну та відносно високим рівнем метіоніну, що робить їх привабливими в порівнянні з іншими рослинними джерелами білка, такими як соєвий шрот.

Показано, що основним обмежуючим фактором використання соняшникових білкових продуктів є амінокислотний дисбаланс, тоді як загальний вміст протеїну не є критичною перешкодою для кормовиробництва. Нормування амінокислотного складу за лізином виявило значні диспропорції, зокрема надлишок аргініну, що свідчить про необхідність раціонального балансування комбікормів. Встановлено, що ефективне використання продуктів



© Ільчук І.І., Боярчук С.В., Гутий Б.В., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

переробки соняшнику можливе за умов корекції амінокислотного складу, додавання дефіцитних амінокислот та включення джерел омега-3 поліненасичених жирних кислот.

Отримані результати підтверджують перспективність використання продуктів переробки соняшнику як часткової заміни рибного борошна у комбікормах для аквакультури та обґрунтовують необхідність подальших наукових досліджень щодо оптимізації їх застосування, визначення безпечних рівнів введення та впливу на продуктивність риб і водних організмів.

Ключові слова: амінокислотний профіль, рибне борошно, соняшниковий протеїновий концентрат, ізолят соняшникового білку, соєвий шрот, аквакультура.

Ilchuk I.I., Boyarchuk S.V., Hutyi B.V. The impact of resource-saving soil treatment technologies on infestation and damage of winter wheat by harmful phytophagous insects in the forest-steppe of Ukraine

The article presents the results of a comprehensive evaluation of the amino acid profile of sunflower processing products as a potential alternative protein source for partial or complete replacement of fishmeal in aquaculture feeds. The relevance of this study is driven by the ongoing global shortage of fishmeal, its high cost, and limited availability, highlighting the need to find efficient, economically viable, and safe plant-based protein ingredients for feed production. The main aim of the work was to compare the amino acid composition of fishmeal, sunflower protein concentrate, sunflower protein isolate, and soybean meal, as well as to assess their biological value in terms of meeting the physiological requirements of aquaculture species.

The study was conducted using comparative analysis methods and data visualization through radar charts, which allowed the evaluation of both the absolute amino acid content in the products and their ratios, deviations from the reference profile, and conformity to the nutritional needs of aquatic organisms. It was established that fishmeal exhibits the most balanced amino acid profile and can be considered a reference protein source in aquafeeds. Sunflower processing products demonstrated satisfactory levels of most essential amino acids, but they have a significant lysine deficiency, amounting to 40–60% of the level found in fishmeal, which represents a critical limiting factor. At the same time, these products are characterized by an elevated arginine content and a relatively high methionine level, making them advantageous compared to other plant-based protein sources such as soybean meal.

It was shown that the main limiting factor for the use of sunflower protein products is amino acid imbalance, whereas the total protein content is not a critical barrier for feed formulation. Standardization of the amino acid profile based on lysine revealed significant disproportions, including an excess of arginine, indicating the necessity for rational feed balancing. It was determined that the effective use of sunflower products is possible under conditions of amino acid profile correction, supplementation with deficient amino acids, and the inclusion of omega-3 polyunsaturated fatty acid sources.

The obtained results confirm the potential of using sunflower processing products as a partial replacement for fishmeal in aquaculture feeds and justify the need for further research to optimize their application, determine safe inclusion levels, and evaluate their impact on fish productivity and the health of aquatic organisms.

Key words: amino acid profile, fish meal, sunflower protein concentrate, sunflower protein isolate, soybean meal, aquaculture.

Актуальність теми дослідження. У сучасних умовах розвитку аквакультури спостерігається зростаюча залежність від рибного борошна як основного джерела повноцінного протеїну, що супроводжується його обмеженою доступністю та високою вартістю. Це зумовлює необхідність пошуку альтернативних протеїнових інгредієнтів рослинного походження, здатних забезпечити адекватний рівень амінокислотного живлення риб. Продукти переробки соняшнику розглядаються як перспективна альтернатива, однак їх використання обмежується можливим дисбалансом амінокислотного складу. Особливо актуальним є питання дефіциту окремих незамінних амінокислот, зокрема лізину, що може негативно впливати на продуктивність тварин. У зв'язку з цим виникає потреба у детальній оцінці амінокислотного профілю соняшникових білкових продуктів у порівнянні з традиційними джерелами протеїну.

Постановка проблеми. Рибне борошно традиційно розглядається як еталонне джерело білка у комбікормовій промисловості завдяки високому вмісту сирого протеїну (65–72%) та оптимальному амінокислотному профілю [1]. Водночас обмеженість природних ресурсів, зростання вартості та екологічні обмеження стимулюють пошук альтернативних джерел протеїну, зокрема рослинного походження [2].

Серед перспективних альтернатив особливу увагу привертають продукти переробки соняшнику – шрот (SFM), макуха та білковий концентрат (SPC), що зумовлено широким поширенням культури та значним обсягом її виробництва, зокрема в Україні [3]. За даними сучасних досліджень, вміст сирого протеїну у соняшниковому шроті становить 33–44%, тоді як у білковому концентраті може досягати 45–57% [3, 4].

Порівняльні дослідження амінокислотного складу показують, що соняшникові продукти характеризуються достатньо високим рівнем валіну, треоніну, ізолейцину та фенілаланіну, а також значно перевищують рибне борошно за вмістом аргініну [1]. Крім того, соняшниковий білок має вищий рівень метіоніну порівняно із соєвим шротом, що є важливою перевагою при балансуванні раціонів [5].

Водночас встановлено, що лізін є першою лімітуючою амінокислотою у продуктах переробки соняшнику, причому його вміст може бути на 30–40% нижчим порівняно з рибним борошном [1, 6]. Аналогічні висновки підтверджуються й сучасними оглядовими роботами [3, 7].

Дослідження впливу технологічної переробки показали, що концентрування білка та зниження вмісту клітковини дозволяє суттєво покращити амінокислотний склад, зокрема підвищити вміст лізину та сірковмісних амінокислот [8]. Водночас температурні режими обробки мають критичне значення, оскільки надмірне нагрівання призводить до деградації лізину [5].

Показники перетравності білка соняшникового шроту є досить високими і можуть досягати 93,8%, що співставно або навіть перевищує аналогічні показники для соєвого шроту та рибного борошна [1]. Однак високий вміст клітковини та наявність фенольних сполук (зокрема хлорогенової кислоти) обмежують його ефективне використання у годівлі моногастричних тварин [5, 9].

Практичні дослідження у галузі аквакультури підтверджують можливість часткової заміни рибного борошна соняшниковими продуктами на рівні 25–50% без суттєвого зниження продуктивності за умови балансування раціонів за амінокислотами [1, 2].

Незважаючи на значний обсяг досліджень, ряд важливих аспектів залишається недостатньо вивченим.

По-перше, існує обмежена кількість системних досліджень, присвячених комплексній оцінці амінокислотного профілю різних форм продуктів переробки соняшнику (шрот, концентрат, ізолят) з урахуванням технологічних факторів [3, 8].

По-друге, недостатньо досліджено вплив різних режимів термічної та ферментативної обробки на біодоступність лізину та інших критичних амінокислот, що має ключове значення для практичного застосування [5].

По-третє, відсутні уніфіковані підходи до оцінки оптимального рівня заміщення рибного борошна у раціонах різних видів тварин та риб із урахуванням балансу лімітуючих амінокислот [2].

Крім того, потребує подальшого вивчення взаємодія антипоживних факторів (фенольних сполук, клітковини) з амінокислотами та їх вплив на перетравність і засвоєння поживних речовин [9, 10].

Метою даної роботи є узагальнення сучасних наукових даних щодо амінокислотного складу продуктів переробки соняшнику та оцінка їх ефективності як альтернативного джерела білка при заміні рибного борошна у комбікормах.

Методика досліджень. Дослідження виконано шляхом порівняльного аналізу амінокислотного складу рибного борошна як еталонного джерела білка та альтернативних рослинних інгредієнтів, зокрема соняшникового протеїнового концентрату, ізоляту соняшникового білку та соєвого шроту. Для аналізу використовували показники вмісту незамінних амінокислот (% у сирому протеїні), отримані з експериментальних та літературних джерел.

Оцінку біологічної повноцінності білкових інгредієнтів проводили із застосуванням методів нормування амінокислотного складу відносно еталонного білка (рибного борошна = 100%) та відносно лізину (лізін = 100%). Додатково здійснювали аналіз відповідності амінокислотного профілю фізіологічним потребам організму з метою визначення лімітуючих амінокислот.

Для візуалізації та узагальнення результатів використовували радарні діаграми, що дозволяють одночасно оцінити абсолютний вміст амінокислот, їх співвідношення, відхилення від еталону та внутрішню збалансованість білка. Обробку та графічне представлення даних здійснювали із застосуванням програмних засобів аналізу даних.

Дослідження виконано в рамках реалізації державної наукової теми Міністерства освіти і науки України 04493706 № 0124U000924.

Результати досліджень. У даному дослідженні проведено порівняльний аналіз амінокислотного складу рибного борошна як еталонного джерела протеїну та альтернативних рослинних інгредієнтів, зокрема соняшникового протеїнового концентрату, ізоляту соняшникового протеїну та соєвого шроту. Аналіз показав, що рибне борошно характеризується найбільш збалансованим амінокислотним профілем, зокрема високим вмістом лізину (7,87%), лейцину (9,98%) та треоніну (5,77%), що підтверджує його статус еталонного білкового інгредієнта у годівлі риб.

Встановлено, що соняшниковий протеїновий концентрат має знижений рівень більшості незамінних амінокислот порівняно з рибним борошном. Найбільш критичне відхилення спостерігається для лізину (-4,08%), що підтверджує його статус першої лімітуючої амінокислоти. Також відзначено зниження вмісту треоніну (-1,98%), метіоніну (-0,83%) та лейцину (-3,55%). Водночас соняшникові продукти характеризуються підвищеним вмістом аргініну. Так, у концентраті його рівень перевищує рівень у рибному борошні на 0,76%, а в ізоляті – на 2,38%, що є важливою перевагою для протеїнового обміну та ростових процесів. Ізолят соняшникового протеїну демонструє покращений амінокислотний профіль порівняно з концентратом, зокрема за вмістом гістидину (+0,33%) та аргініну (+2,38%). Проте дефіцит лізину залишається ще більш вираженим (-4,94%), що обмежує його використання без додаткового балансування раціону.

Соєвий шрот, використаний як референтний рослинний протеїн, має більш збалансований амінокислотний профіль порівняно з соняшниковими продуктами, зокрема значно вищий рівень лізину (7,48%) та гістидину (4,35%). Проте він поступається соняшниковим інгредієнтам за вмістом метіоніну та аргініну.

З метою комплексної оцінки як абсолютного вмісту амінокислот, так і їх біологічної повноцінності, було використано радарні діаграми (рис. 1–4), що дозволяють візуалізувати як рівень амінокислот, так і їх співвідношення.

Оцінка фактичної поживної цінності протеїнових інгредієнтів показала, що рибне борошно характеризується найбільш збалансованим і рівномірним

амінокислотним профілем. Натомість продукти переробки соняшнику формують полігон меншої площі, що свідчить про зниження вмісту окремих незамінних амінокислот, передусім лізину, треоніну та лейцину. Водночас за вмістом аргініну соняшникові інгредієнти перевищують еталон, що вказує на специфічні особливості їх амінокислотного складу (рис. 1).

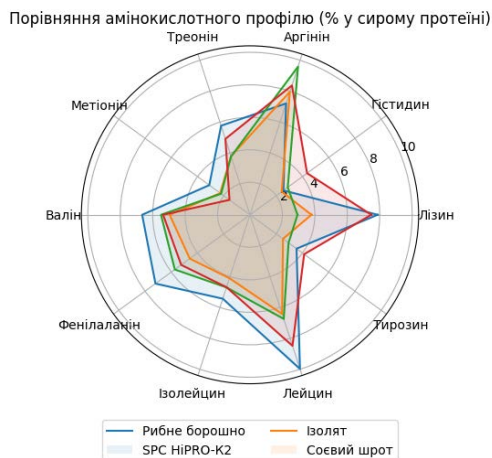


Рис. 1. Порівняння абсолютного вмісту амінокислот (% у сирому протеїні)

Проведений аналіз дозволив оцінити ступінь відхилення альтернативних джерел протеїну від еталонного рівня. Встановлено, що найбільший дефіцит у продуктах переробки соняшнику спостерігається за лізином, який становить лише 40–60% від рівня рибного борошна. Водночас вміст аргініну перевищує еталонні значення і досягає 110–130%. Соевий шрот характеризується найменшим ступенем відхилення серед досліджуваних рослинних джерел білка (рис. 2).

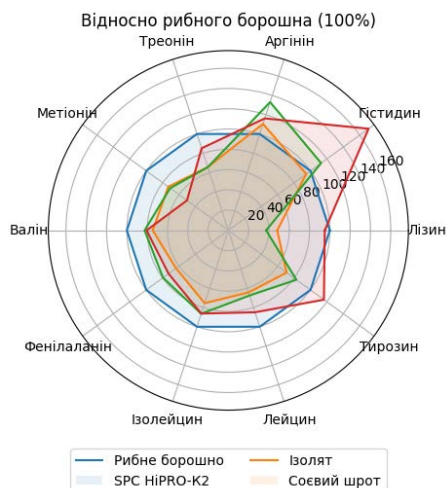


Рис. 2. Амінокислотний профіль, нормований відносно рибного борошна (100%)

Оцінка здатності досліджуваних інгредієнтів забезпечувати фізіологічні потреби організму без додаткового балансування раціону показала, що жоден із рослинних протеїнів не забезпечує повного покриття потреби за всіма незамінними амінокислотами. Найбільш критичним є дефіцит лізину, тоді як за аргініном і гістидином у ряді випадків спостерігається надлишок, що свідчить про виражений амінокислотний дисбаланс (рис 3).

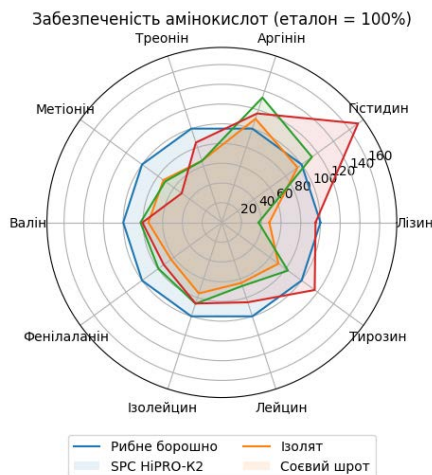


Рис. 3. Забезпеченість амінокислот відносно фізіологічної потреби (100%)

Виявлено суттєві диспропорції у співвідношенні амінокислот незалежно від їх абсолютного вмісту. Встановлено, що продукти переробки соняшнику характеризуються значним надлишком аргініну (до 200–300% від рівня лізину), що свідчить про виражений амінокислотний дисбаланс. Натомість рибне борошно має більш гармонійний амінокислотний профіль, наближений до оптимального (рис.4).

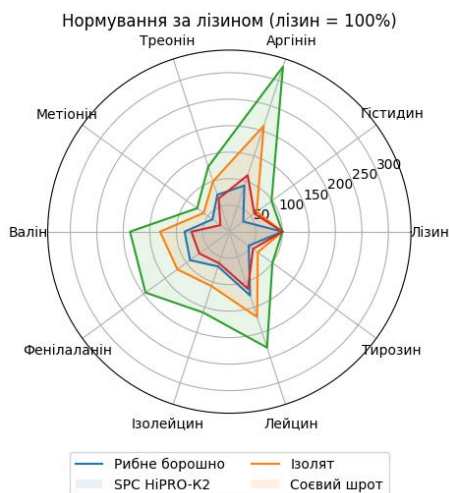


Рис. 4. Амінокислотний профіль, нормований за лізином (лізин = 100%)

Отримані результати підтверджують, що основним обмежуючим фактором використання продуктів переробки соняшнику є амінокислотний дисбаланс, зокрема дефіцит лізину, а не загальний рівень протеїну.

Крім того, слід враховувати, що рибне борошно містить 9–12% жиру, включаючи поліненасичені жирні кислоти омега-3, тоді як соняшникові протеїнові продукти практично не забезпечують цього компонента. Це обумовлює необхідність додаткового балансування не лише амінокислотного, але й жирнокислотного складу раціонів при заміні рибного борошна.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Встановлено, що продукти переробки соняшнику можуть розглядатися як перспективні альтернативні джерела протеїну у комбікормах, однак їх використання має ряд обмежень. Основним лімітуючим фактором є дефіцит лізину, який у соняшниковому протеїновому концентраті та ізоляті на 50–65% нижчий порівняно з рибним борошном. Це потребує обов'язкового балансування раціонів шляхом введення синтетичних амінокислот або комбінування з іншими протеїновими джерелами. Позитивною характеристикою соняшникових продуктів є високий вміст аргініну, а також відносно сприятливий рівень метіоніну, що дозволяє частково компенсувати недоліки інших рослинних протеїнів. Ізолят соняшникового протеїну має кращі показники за рядом амінокислот порівняно з концентратом, проте не вирішує проблему дефіциту лізину та додатково потребує корекції жирнокислотного складу раціону.

Практичне використання соняшникових продуктів у кормах для риб можливе за умов балансування амінокислотного профілю (насамперед за лізином), додавання джерел омега-3 жирних кислот, оптимізації рівня введення у раціоні.

Перспективи подальших досліджень полягають у розробці технологій глибокої переробки соняшникового білку з підвищенням вмісту лізину, застосуванні ензимної обробки для підвищення біодоступності амінокислот, оптимізації комбінованих протеїнових композицій, економічному обґрунтуванні ефективності використання соняшникових протеїнових продуктів у комбікормах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Sanz A., Morales A. E., de la Higuera M., Gardenete G. Sunflower meal compared with soybean meals as partial substitutes for fish meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets: Protein and energy utilization. *Aquaculture*. 1994. Vol. 128. № 3–4. P. 287–300. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(94\)90318-2](https://doi.org/10.1016/0044-8486(94)90318-2)
2. Hussain S. M., Bano A. A., Ali S., Rizwan M., Adrees M., Zahoor A. F., Sarker P. K., Hussain M., Arsalan M. Z., Yong J. W. H., Naeem A. Substitution of fishmeal: Highlights of potential plant protein sources for aquaculture sustainability. *Heliyon*. 2024. Vol. 10. № 4. P. e26573. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26573>
3. Pitera L., Pitera V. Sunflower protein concentrate in animal nutrition: A scoping review of nutritional value, processing, and trade. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 2025. Vol. 73. № 4–5. P. 267–277. <https://doi.org/10.11118/actaun.2025.019>
4. Lu F., Haga Y., Satoh S. Effects of replacing fish meal with rendered animal protein and plant protein sources on growth response, biological indices, and amino acid availability for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Fisheries Science*. 2015. Vol. 81. № 1. P. 95–105. <https://doi.org/10.1007/s12562-014-0818-7>
5. Alagawany M., Farag M. R., Abd El-Hack M. E., Dhama K. The practical application of sunflower meal in poultry nutrition. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*. 2015. Vol. 3. № 12. P. 634–648. <https://doi.org/10.14737/journal.aavs/2015/3.12.634.648>

6. Şenköylü N., Dale N. Sunflower meal in poultry diets: A review. *World's Poultry Science Journal*. 1999. Vol. 55. № 2. P. 153–174. <https://doi.org/10.1079/WPS19990011>
7. Tomičić Z., Spasevski N., Popović S., Banjac V., Đuragić O., Tomičić R. By-products of the oil industry as sources of amino acids in feed. *Food and Feed Research*. 2020. Vol. 47, № 2. P. 131–137. <https://doi.org/10.5937/ffr47-28435>
8. Lovatto N. M., Goulart F. R., Loureiro B. B., Speroni C. S., Bender A. B. B., Giacomini S. J., Radünz Neto J., Silva L. P. Crambe (*Crambe abyssinica*) and sunflower (*Helianthus annuus*) protein concentrates: Production methods and nutritional properties for use in fish feed. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. 2017. Vol. 89. № 3 Suppl. P. 2495–2504. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201720140630>
9. Sosulski F., Fleming S. E. Chemical, functional, and nutritional properties of sunflower protein products. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 1977. Vol. 54. № 2. P. A100–A104. <https://doi.org/10.1007/BF02912382>
10. Oseyko M., Romanovska T., Shevchyk V. Justification of the amino acid composition of sunflower proteins for dietary and functional products. *Ukrainian Food Journal*. 2020. Vol. 9, № 2. P. 394–403. <https://doi.org/10.24263/2304-974x-2020-9-2-11>

Дата першого надходження статті до видання: 03.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 636.2.082:636.2.033:636.084.1:636.085.3.
DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.1.36>

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ М'ЯСНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ РІЗНИХ СТОВРЕНИХ ГЕНОТИПІВ БУГАЙЦІВ НОВОЇ ПОПУЛЯЦІЇ М'ЯСНИХ КОМОЛИХ СИМЕНТАЛІВ ЖУЙНИХ В РІЗНИХ РЕГІОНАХ УКРАЇНИ

Калинка А.К. – кандидат сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник,
завідувач відділу тваринництва,
Буковинська державна сільськогосподарська дослідна станція,
Інститут сільського господарства Карпатського регіону
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0009-0000-4270-563X

Лесик О.Б. – кандидат сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник,
заступник директора з наукової роботи,
Буковинська державна сільськогосподарська дослідна станція,
Інститут сільського господарства Карпатського регіону
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-0593-1416

Вдовиченко Ю.В. – головний науковий співробітник,
доктор сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник, завідувач лабораторією,
Інститут розведення і генетики тварин ім. М. В. Зубця НААН
orcid.org/0000-0001-9272-9672

Корх І.В. – кандидат сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник, головний науковий співробітник,
лабораторія селекційно-технологічних досліджень
у дрібному тваринництві та конярстві,
Інститут тваринництва Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-7010-1574

Корник О.В. – кандидат сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник,
завідувач лабораторії біоінженірингу в тваринництві,
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0009-0000-4848-6837

У статті вперше представлено результати досліджень, які спрямовані на вивчення закономірностей формування м'ясної продуктивності бугайців різних генотипів нової популяції м'ясних комолых сименталів в умовах трьох регіонів Західної України. Встановлено, що середньодобові прирости бугайців за весь період досліджень були високими: у проведеному досліді ДПДГ «Чернівецьке», які досягали 1051,1 г, у той час, як у двох інших групах де показники коливалися в межах 906,1–907,7 г. Доведено, що продуктивний



генотип SKan. 3/4 x SAв. 1/16 x CHім. 1/8 x САм. 1/16, який продемонстрував найбільшу енергію росту (1051,1 г), що перевищував інші генотипи на 16%. Доведено, що формування м'ясної продуктивності бугайців нової популяції сименталів, що є результатом взаємодії створеного генотипу (канадська та європейська селекції) та енергетичної щільності рецепту раціону. Виявлено, що найвищий забійний вихід (61,9%) та оптимальний морфологічний склад туші (81,4% м'якоти, який зафіксовано в генотипі SKan.3/4CAв.1/16CHім.1/8 САм.1/16. Хімічний аналіз м'язової тканини підтвердив високу харчову цінність яловичини: вміст білка у дослідних групах коливався в межах 19,6–20,4%, що в поєднанні з помірним вмістом жиру (7,6–8,1%, яка забезпечує високу енергетичну цінність продукції (2310–2415 ккал/кг). Проведений економічний аналіз, який показав, що найвища ефективність досягнута в племінних базових господарствах із високими добовими приростами. Чистий прибуток на одну голову в дослідній групі з найкращими приростами становив 6120 грн при рівні рентабельності 57,6%. Це підтверджує, що розведення нової популяції м'ясних комолих сименталів з цільовими добовими приростами понад 907,7 г, що забезпечує високі економічні показники в різних регіонах Західної України.

Ключові слова: генотип, симентал м'ясний комолий, бугаєць, добовий приріст, жива маса, рентабельність, економічна ефективність.

Kalinka A.K., Lesyk O.B., Vdovichenko Y.V., Korkh I.V., Korniyk O.V. Features of the formation of meat productivity of various created genotypes of buhaiians of a new population of meat numbers of simmental ruminants in various regions of Ukraine

The article presents for the first time the results of research aimed at studying the patterns of formation of meat productivity of bulls of different genotypes of a new population of meat-bearing Simmentals in the conditions of three regions of Western Ukraine. It was established that the average daily gains of bulls for the entire period of research were high: in the conducted experiment DPДG "Chernivetske", which reached 1051,1 g, while in the other two groups where the indicators fluctuated within 906,1–907,7 g. It is proved that the productive genotype SKan. 3/4 x SAв.1/16 x SNім.1/8 x САм. 1/16, which demonstrated the greatest growth energy (1051,1 g), which exceeded other genotypes by 16%. It has been proven that the formation of meat productivity of bulls of a new population of Simmentals is the result of the interaction of the created genotype (Canadian and European selection) and the energy density of the diet recipe. It was found that the highest slaughter yield (61,9%) and optimal morphological composition of the carcass (81,4%) of the flesh, which was recorded in the genotype SKan.3/4CAв.1/16CHім.1/8САм.1/16. Chemical analysis of muscle tissue confirmed the high nutritional value of beef: the protein content in the experimental groups ranged from 19,6–20,4%, which, in combination with a moderate fat content (7,6–8,1%, provides a high energy value of the product (2310–2415 kcal/kg). An economic analysis was conducted, which showed that the highest efficiency was achieved in breeding basic farms with high daily gains. The net profit per head in the experimental group with the best gains was 6120 UAH at a profitability level of 57,6%. This confirms that the breeding of a new population of meat humpbacks Simmentals with target daily gains of over 907,7 g, which ensures high economic indicators in various regions of Western Ukraine.

Key words: genotype, simmental beef cattle, bull, daily gain, live weight, profitability, economic efficiency.

Постановка проблеми. В реаліях війни та в сучасних умовах стратегічним завданням вітчизняної аграрної науки є забезпечення продовольчої безпеки держави через інтенсифікацію нової галузі м'ясного скотарства. Особливої ваги набуває створення та консолідація нових вітчизняних типів м'ясної худоби, які здатні максимально реалізовувати генетичний потенціал м'ясності при використанні культурних пасовищних та місцевих кормів в кожному регіоні.

Оскільки буковинський зональний тип м'ясного комолого сименталу є результатом тривалої селекції, спрямованої на поєднання високої енергії росту північноамериканських сименталів з міцною конституцією та адаптивністю європейських ліній.

Так великої актуальності набуває галузь м'ясного скотарства, зокрема виробництво дешевої та якісної яловичини на основі розведення нової популяції м'ясного

комолого сименталу, особливо в базових та дочірніх господарствах різних форм власності Західного регіону України.

Оскільки нова популяція буковинського зонального типу м'ясного комолого сименталу є унікальним генетичним ресурсом, що поєднує високу продуктивність світових ліній з екологічною пластичністю місцевої худоби.

Досягнення цієї мети можливо лише через підвищення генетичного потенціалу м'ясної продуктивності молодняку та забезпечення повної його реалізації через оптимізовані технології годівлі та утримання [4].

Аналіз останніх досліджень. Сучасна селекція м'ясної худоби базується на принципах інтенсифікації росту та оптимізації конверсії корму [2 с.38, 7 с.226]. Використання складного відтворювального схрещування, що дозволяє консолідувати бажані ознаки комолості та високої м'ясності [8 с.110, 9с.232]. Проте питання реалізації генетичного потенціалу в різних природно-кліматичних зонах Західної України, що потребує детального наукового обґрунтування.

Оскільки генетичне удосконалення симентальської худоби в напрямку м'ясності передбачає трансформацію комбінованого типу в спеціалізований м'ясний. Дослідженнями провідних вітчизняних вчених, якими доведено, що міжпородна диференціація за енергією росту значною мірою залежить від частки спадковості поліпшуючих порід та екологічних факторів зони розведення. Проте залишається недостатньо вивченим питання фенотипової консолідації ознак у молодняку різних ліній в умовах Карпат.

Тому створення нової популяції м'ясного комолого сименталу худоби з різними створеними генотипами, що здійснювалося шляхом класичного методу поглинального схрещування місцевого сименталу з бугаями-

плідниками світової селекції (американської, канадської, австрійської та німецької), [1с. 110, 2 с, 232, 8с. 110].

У цей складний час зростає зацікавленість виробників до племінних тварин, які демонструють високу продуктивність у різних регіонах Західної України (Буковина, Прикарпаття, Волинь), [9с.232].

Мета досліджень – провести порівняльну оцінку формування показників м'ясної продуктивності та економічної доцільності вирощування бугайців різних генотипів нової генерації комолих сименталів у базових господарствах Західного регіону Карпат.

Матеріал та методика досліджень. Для досягнення поставленої мети було відібрано по 10 бугайців м'ясного комолого сименталу з 1 до 9-місячного віку в трьох базових господарствах, розташованих у різних регіонах України: I група (дослідна): Племінний завод ДПДГ «Чернівецьке» (Чернівецька область). II група (дослідна): Племінна ферма ФГ «Торо» (Івано-Франківська область). III група (дослідна): Племінний репродуктор ТОВ «Баффало» (Волинська область), (табл. 1).

Тварин добирали за живою масою при народженні та за віком згідно з чинними методичними рекомендаціями [5с.80, 6с.42]. Утримання бугайців у зимово-стійловий період було безприв'язним у приміщеннях, а влітку – на природних та культурних пасовищах. Годівля відповідала новим прийнятим нормам для м'ясної худоби [10], раціони, які коригувалися з урахуванням віку.

Методологія включала щомісячне зважування, облік спожитих кормів (контрольні годівлі) та розрахунок економічних параметрів за ДСТУ.

Таблиця 1

Схема науково – виробничого досліджу

Групи	Господарство, регіон	Статус	Генотипи
I - дослідна	ДПДГ «Чернівецьке», Чернівецька обл.	Племінний завод	Симентал канадський 25/32 х Симентал австрійський 1/16 х Симентал німецький 1/8 х Симентал американський 1/32
II - дослідна	ФГ «Торо», Івано-Франківська обл.	Племінна ферма	Симентал канадський 25/32 х Симентал австрійський 1/16 х Симентал німецький 1/8 х Симентал американський 1/32
III - дослідна	ТОВ «Баффало», Волинська область	Племінний репродуктор	Симентал канадський 50% х Симентал німецький 50%

Об'єктом досліджень стали бугайці нової популяції, розподілені за генотиповою структурою (табл. 1). В ході роботи застосовували метод «у собі» для закріплення ознак природної комолості та м'ясності. Оцінку проводили за комплексом ознак: жива маса, середньодобові прирости, інтенсивність формування статей тіла за допомогою лінійних промірів та розрахунку індексів будови тіла (розтягнутості, грудного, збитості).

Кількість спожитих кормів по всіх дослідних групах, встановлювали контрольною годівлею за два суміжні дні один раз на тиждень. У процесі досліджу рецепти раціонів корегували з урахуванням віку та живої маси дослідних бугайців нової генерації жуйних. Для вивчення впливу кормового фактору на реалізацію генетичного потенціалу де було проаналізовано кормову базу трьох підприємств. Годівля тварин базувалася на нових розроблених нормах, що забезпечують середньодобові прирости на рівні 1000–1100 г.

Специфіка годівлі за групами: I група (ДПДГ «Чернівецьке») де використовувався інтенсивний тип годівлі з переважанням соковитих кормів (силос кукурудзяний, сінаж конюшини) та збалансованим комбікормом власного виробництва. II група (ФГ «Торо»): Раціон був оптимізовано за рівнем обмінної енергії (ОЕ) та легкоотравного протеїну. Особлива увага приділялася якості пасовищного корму в літній період та введенню мінеральних добавок. III група (ТОВ «Баффало»): Тип годівлі – пасовищно-стійловий. Основу рецепту раціону в якому складали грубі та соковиті корми з мінімальним використанням концентратів, що характерно для технології «корова-теля» у регіоні Волині (табл. 2).

Встановлено, що концентрація енергії в 1 кг сухої речовини (СР) раціону безпосередньо корелювала з темпами росту. Економічний аналіз досліджень проводили розрахунковим методом, виходячи із отримання приросту від однієї тварини та реалізаційних цін.

Найбільш збалансованим виявився раціон в II групі (ФГ «Торо»), де на 1 к. од. припадало 112 г перетравного протеїну.

Це дозволило тваринам даного генотипу максимально реалізувати спадкову енергію росту, що підтверджується найвищими показниками середньодобових приростів –1051,1 г.

У III групі, попри значне споживання дешевих пасовищних кормів, спостерігався певний дефіцит енергії, що призвело до зниження приростів до 906,1 г, проте забезпечило найнижчу собівартість раціону.

Таблиця 2

**Склад і структура рецептів раціонів піддослідних бугайців,
% від загальної кількості кормів**

Корм	3 міс. (кг/%)	7 міс. (кг/%)	9 міс. (кг/%)
Сіно багаторічних трав	0,250 (2,5%)	0,400 (0,26%)	-
Силос кукурудзяний	1,2 (13,2%)	-	-
Сінаж конюшини	1,4 (14,6%)	-	-
Цільне молоко	6,5 (68,1%)	1,5 (9,7%)	-
Комбікорм	0,150 (1,6%)	0,500 (0,33%)	0,8 (3,5%)
Корми пасовищ	-	13,1 (90,2%)	22,3 (96,5%)
Разом	- (100%)	- (100%)	- (100%)

Так фізіологічне обґрунтування м'ясної продуктивності це висока компенсаторна здатність бугайців створеної нової популяції (особливо у віці 7–9 місяців), що свідчить про їхню здатність ефективно трансформувати поживну цінність пасовищного корму в м'язову тканину.

Розрахунок витрат кормів показав, що у I та II групах на 1 кг приросту витрачалося 5,5–5,6 ц к. од., тоді як у III групі – 6,0 ц к. од. Це пояснюється різною часткою концентратів у структурі рецепті раціону (табл. 2).

Результати досліджень та їх обговорення. Показники росту є основним критерієм оцінки м'ясної продуктивності дослідних жуйних нової генерації (табл. 3 і 4).

Таблиця 3

Динаміка росту та продуктивність

Показник	I група	II група	III група
Жива маса при народженні, кг	35,7±1,5	34,5±1,1	33,5±1,4
У 3 місяці, кг	107,7±1,7	102,5±1,5	105,8±1,3
У 9 місяців, кг	271,7±1,28	267,5±1,12	265,1±1,55

Примітка: $P < 0,05$ порівняно з III групою.

Найбільша жива маса при народженні зафіксована в I групі (35,7 кг), що на 6,5% більше, ніж у III групі. Ця різниця, хоч і невірогідна, яка свідчить про кращий материнський фактор.

Так найвищу енергію росту продемонстрували тварини II групи. Завдяки ефекту гетерозису та вдалому поєднанню канадської та австрійської селекції, їхній приріст перевищив показники ровесників на 145 г (16%). Це вказує на високу комбінаційну здатність обраних ліній.

Отримані результати підтверджують гіпотезу про те, що інтеграція світових генетичних ліній в місцевий масив сименталів дозволяє створити тварин з «комбінованою перевагою»: висока маса при народженні (35,7 кг), що забезпечує стартовий потенціал, а лінійний ріст у підсисний період та гарантує формування важких туш у майбутньому.

Виявлений високий коефіцієнт успадкованості ($h^2 = 0,40$) ключових ознак, що вказує на перспективність подальшої генетичної консолідації даного м'ясного типу.

Економічний аналіз показав, що при однаковій вартості рецепту раціону, ефективність виробництва дешевої яловичини вища в тварин з кращою конверсією корму.

Аналіз інтенсивності росту засвідчив, що найбільшу енергію росту продемонстрував генотип СКан. 3/4 x САв. 1/16 x СНім. 1/8 x САм. 1/16 (II група),

де середньодобові прирости, які склали 1051,1 г. Це на 145 г (16%) більше, ніж у ровесників аналогів ТОВ «Баффало» (ІІІ група), (табл. 4).

Таблиця 4

Середньодобові прирости та генотипна різниця, г

Показник	I група	II група	III група
Середньодобовий приріст (0-9 міс.), г	907,7±0,550	1051,1±0,750*	906,1±0,435
Затрати кормів на 1 ц приросту, ц. к. од.	5,6	5,5	6,0

Аналіз онтогенезу піддослідних тварин, який свідчить про високу інтенсивність формування м'ясної продуктивності вже в ранньому віці.

Встановлено, що бугайці ІІ групи (Чернівецька обл.) у віці 9 місяців, які досягли живої маси 271,7 кг, що свідчить про високу скороспілість.

Особливий науковий інтерес викликає порівняння середньодобових приростів. Показник 1051,1 г у ІІ групі, який вказує на ефективне використання ефекту гетерозису, отриманого при поєднанні канадської (3/4) та австрійської (1/16) селекції. Тварини ІІІ групи (Волинська обл., генотип СКан.50% + СНім.50%), які мали дещо нижчу енергію росту (906,1 г), що може бути пов'язано з іншими пасовищними умовами регіону, проте їх показники все одно перевищують стандарт для даного типу жуйних на 12-15%.

Незважаючи на високу мінливість приростів, встановлено, що невелика різниця в живій масі тварин у 7-місячному віці між групами, що пояснюється вищою компенсаторною здатністю молодняку ІІ та ІІІ груп, особливо у віці 7-9 місяців. Порівняльний аналіз трьох технологічних моделей вирощування показав, що нова популяція м'ясних комолих сименталів є самою універсальною. У племінному заводі ДПДГ «Чернівецьке», яка демонструє потенціал для інтенсивного відгодівлі, а у ТОВ «Баффало» – високу адаптивність до екстенсивного пасовищного утримання. Проте саме комбінована модель (ФГ «Торо»), яка поєднує якісні природні пасовища з енергетичною підгодовлею концентратів, що забезпечує найкращий баланс між фізіологічним розвитком та економічним результатом.

Вивчення лінійного росту підтвердило формування вираженого м'ясного типу жуйних. Бугайці нової популяції комолих сименталів, які характеризуються широким та глибоким тулубом, добре розвиненою мускулатурою задньої третини тіла.

За розрахунками індексу розтягнутості, тварини дослідної групи-2, які переважали контроль на 2,4%, що вказує на кращий розвиток осьового скелета, який є основою для відкладання м'язової тканини.

Висока кореляція ($r=0,82$) між живою масою в 7 міс. та промірами обхвату грудей, що підтверджує можливість проведення раннього добору високо продуктивних особин.

Для повної оцінки реалізації м'ясного потенціалу нової популяції худоби де було проведено контрольний забій бугайців (по 3 голови з кожної групи) по досягненню 15-18-місячного віку. Отримані дані свідчать про високу забійну цінність створених генотипів (табл. 5).

Аналіз забійних показників підтверджує перевагу тварин ІІ групи (генотип СКан. 3/4САв.1/16 СНім. 1/8САм. 1/16). Вони продемонстрували найвищий забійний вихід – 61,9%, що є характерним показником для спеціалізованої м'ясної худоби світового рівня.

Важливим критерієм якості є морфологічний склад туші, тобто співвідношення істівних (м'язова та жирова тканини) та неістівних частин (кістки, хрящі, (табл. 6).

Таблиця 5

Забійні показники бугайців дослідних груп

Показник	I група	II група	III група
Передзабійна жива маса, кг	545,0±12,5	568,0 ± 10,8	538,0 ±11,4
Маса парної туші, кг	318,3 ±7,2	336,3± 6,5	312,0± 8,1
Вихід туші, %	58,4	59,2	58,0
Маса внутрішнього жиру, кг	14,2±0,8	15,3±0,9	13,5±0,7
Забійний вихід, %	61,0	61,9	60,5

Таблиця 6

Морфологічний склад напівтуш бугаїв

Показник	I група	II група	III група
Маса охолодженої напівтуші, кг	155,0± 4,2	164,5± 3,1	152,0± 4,5
М'якоть, кг	124,3± 3,1	133,9± 2,9	120,8 ±3,4
М'якоть, %	80,2	81,4	79,5
Кістки, кг	26,5± 0,9	26,1± 0,7	27,0 ±1,1
Кістки, %	17,1	15,9	17,8
Індекс м'ясності (кг м'якоті на 1 кг кісток)	4,69	5,13	4,47

Встановлено (табл. 6), що бугайці II групи, які характеризуються найбільш гармонійною будовою тіла: частка кісток у них на 1,9% нижча порівняно з III групою.

Таким чином встановлено, що створений новий буковинський зональний тип м'ясного комолого сименталу, який не лише швидко росте, а й формує високоякісну тушу. Перевага II групи за забійним виходом (61,9%) та індексом м'ясності (5,13), що підтверджує гіпотезу про синергетичний ефект поєднання канадських та австрійських ліній при інтенсивному вирощуванні в умовах Передкарпаття.

Високі показники забійної маси (понад 330 кг), які дають можливість отримувати великовагові туші, що є пріоритетом для експортно-орієнтованого тваринництва та переробної промисловості України.

Якість яловичини визначається її хімічним складом, зокрема вмістом білка та жиру в найдовшому м'язі спини, (табл. 7).

Таблиця 7

Хімічний склад м'якоті бугайців, %

Показник	I група	II група	III група
Суша речовина	28,5	29,4	28,2
Білок	19,8	20,4	19,6
Жир	7,8	8,1	7,6
Зола	0,9	0,9	1,0
Енергетична цінність 1 кг м'яса, ккал	2340	2415	2310

Високий вміст білка (20,4%) у м'ясі бугайців II групи, що свідчить про високу біологічну повноцінність продукції. Співвідношення білка до жиру (2,5:1), що відповідає вимогам дієтичного та якісного харчування. Органолептична оцінка (дегустація) підтвердила відмінні смакові якості: м'ясо, яке характеризувалося вираженою «мрамуровістю», соковитістю та ніжністю волокон.

Економічний аналіз підтверджує пряму залежність між інтенсивністю росту та фінансовими показниками (табл.8).

Таблиця 8

Економічний аналіз проведеного досліджу

Показник	I група	II група	III група
Загальний приріст на 1 голову, кг	236,0	236,0	235,6
Собівартість приросту на 1 голову, грн.	1100	1100	1100
Затрати кормів на 1 ц приросту, ц. к. од.	5,6	5,5	6,0
Виручка від реалізації на 1 голову (при 4500 грн/ц), грн.	10620	10620	10602
Чистий прибуток на 1 голову, грн.	6120	6120	6102
Рівень рентабельності, %	57,6	57,6	57,5

Найкращі економічні показники, які досягнуті в I та II дослідних групах, які мали найменші затрати кормів на одиницю приросту (5,6 та 5,5 ц. к. од. відповідно). Чистий прибуток на одну голову становив 6120 грн при рентабельності 57,6%. Це доводить, що м'ясний комолий симентал нової генерації з добовими приростами понад 907,7 грамів, який забезпечує високий економічний результат у племінних базових господарствах різних форм власності Західної України.

Висновки. Доведено пріоритетність нового продуктивного генотипу СКан.3/4Сав.1/16С_Нім.1/8Сам.1/16, який забезпечує середньодобовий приріст на рівні 1051,1 г та високу економічну ефективність ($P=57,6\%$). Встановлено, що формування м'ясної продуктивності бугайців нової популяції є результатом взаємодії генотипу (канадська та європейська селекції) та енергетичної щільності раціону. Детальний аналіз годівлі підтвердив, що для досягнення середньодобових приростів понад 1000 г, що забезпечує рівень перетравного протеїну не менше 110–112 г на 1 к. од. Встановлено, що використання лінійної оцінки та індексів будови тіла у ранньому віці (3–7 міс.), що є ефективним інструментом для прогнозування майбутньої продуктивності та відбору м'ясного ремонтного молодняка. Науково обґрунтовано доцільність розширення ареалу розведення буковинського зонального типу жуйних, як основи для виробництва високоякісної яловичини в умовах воєнного стану та післявоєнного відновлення аграрного сектору. Доведено, що найкращі економічні показники отримано в групах з оптимальними затратами кормів на 1 ц приросту живої маси (5,6–5,5 ц. к. од.). За результатами контрольного забою встановлено пріоритетність вирощування бугайців нової популяції до вагових кондицій 550–570 кг. Найвищий забійний вихід (61,9%) та оптимальний морфологічний склад туші (81,4% м'якоти) зафіксовано у генотипу СКан. 3/4Сав.1/16СНім. 1/8 Сам.1/16. Хімічний аналіз м'язової тканини підтвердив високу харчову цінність яловичини: вміст білка у дослідних групах коливався в межах 19,6–20,4%, що в поєднанні з помірним вмістом жиру (7,6–8,1%) забезпечує високу енергетичну цінність продукції (2310–2415 ккал/кг). Доведено, що комплексна оцінка від народження до забою дозволяє стверджувати про успішну консолідацію м'ясних ознак у новій популяції, що робить її еталоном для розведення у Західному регіоні України. Доведено економічну перевагу інтенсивної технології вирощування: чистий прибуток 6120 грн на голову при рентабельності 57,6% робить цей тип худоби лідером у Західному регіоні. Для підвищення ефективності м'ясного скотарства в умовах Західного регіону України, що рекомендується розведення нової популяції м'ясного комолого сименталу з цільовими

середньодобовими приростами не менше 907,7 г, що забезпечує стабільно високу рентабельність виробництва. Рекомендовано господарствам Карпатського регіону, що впроваджувати раціони з питомою вагою пасовищного корму до 60% за умови обов'язкової концентрації енергії у критичні періоди росту (7–9 міс.).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Калинка А.К. Інтенсивне вирощування ремонтних бугайців симентальської м'ясної породи американської селекції в умовах передгір'я Карпат. *Тваринництво України*. 2003. № 11. С.19-20.
2. Калинка А. К. Інтенсивність росту м'ясних сименталів. *Тваринництво України*. 2009. № 9. С. 37-39.
3. Калинка А. К. Вплив рецептів раціонів для підсисного молодняку м'ясного сименталу в стійловому періоді вирощування в умовах передгірської зони Західного регіону Карпат / *Les tendances actuelles de la mondialisation de la science Mondiale collection de papiers scientifiques «ΛΟΓΟΣ» avec des matériaux de la conférence scientifique et pratique internationale Vol 1)* 3, 2020. Monaco Principauté de Monaco Plateforme scientifique européenne. 2020. С. 50-54.
4. Калинка А. К. Розведення сименталів нової популяції в умовах Карпатського регіону Буковини (*Матеріали міжнародної наукової конференції 28.02.2020 р*), «Наукові тренди постіндустріального суспільства», Рівне. 2020.Том.1 С. 56-59.
5. Методика проведення дослідів з кормо виробництва і годівлі тварин. А.О. Бабич, М.Ф. Кулик, П.С. Макаренко [та ін.] К.: *Аграрна наука*, 1998. 80 с.
6. Методичні рекомендації уніфікації досліджень по годівлі м'ясної худоби. Богданов Г.О., Славов В.П., Ібатулін І.І. і ін. Київ. 2002. 42 с.
7. Новини науки: до 20-річчя галузі м'ясного скотарства на Буковині. *Зб. наук. праць «ΛΟΓΟΣ» за матеріалами наук.- практ. конф.(16 грудня 2019р. м. Чернівці)*. м. Чернівці. під науковою редакцією Калинки А.К. ГО «Європейська наукова платформа». 2019. 226с.
8. Новин науки: до 20-річчя розведення нової популяції м'ясного сименталу на Буковині. *Зб. наук. праць «ΛΟΓΟΣ» за матеріалами міжнар. наук.- практ. конф. (10 серпня, 2019 р. м. Чернівці)*. Чернівці. Під науковою редакцією А.К. Калинка. ГО «Європейська наукова платформа». 2019. 110 с.
9. Присвячено «25-річчю розведення буковинського зонального типу м'ясного комолого сименталу на Буковині (1999-2024 рр.). *Аграрний вісник Буковини*. Випуск 1, Том 1. Серія: М'ясне скотарство. Під редакцією Калинки А.К. Вінниця « Нілан – ЛТД» 2024. 232 с.
10. Практикум з годівлі сільськогосподарських тварин. І. І. Ібатулін, Ю. О. Панасенко, В.К. Кононенко [та ін.]. К.: 2003. 371 с.

Дата першого надходження статті до видання: 02.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

МЕЛІОРАЦІЯ І РОДЮЧІСТЬ ҐРУНТІВ

MELIORATION AND SOIL FERTILITY

УДК 633.854.78:632.954:631.559

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.1.37>

ВПЛИВ РІЗНИХ НОРМ ПІСЛЯСХОДОВИХ ГЕРБІЦИДІВ І РОБОЧОЇ РІДИНИ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ СОНЯШНИКУ

Барбой В.Б. — аспірант кафедри загального землеробства
та ґрунтознавства,

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Міністерства освіти і науки України

orcid.org/0009-0005-0806-4732

Ткаліч Ю.І. — д.с.-г.н., професор,

професор кафедри загального землеробства та ґрунтознавства,

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Міністерства освіти і науки України

orcid.org/0009-0005-0806-4732

Мета. Науково-обґрунтувати вибір оптимальних норм застосування післясходових гербіцидів у посівах соняшнику за технологією Експрес та встановлення раціональної норми витрати води для приготування бакових сумішей з метою підвищення ефективності контролювання бур'янів, продуктивності та економічної ефективності вирощування культури.

Методи. Експериментальна робота виконувалася в 2023–2025 роках. Польові досліді були закладені на полях в господарстві ТОВ «Агрофірма ім. Горького» Новомиковського району Дніпропетровської області. рамках експерименту. Методика дослідження ґрунтувалася на використанні сучасних методів, зокрема польових, вагово-вимірних, лабораторно-аналітичних і математично-статистичних. Усі ці методи відповідали актуальним методичним вимогам і стандартам, прийнятим для проведення агрономічних польових експериментів

Результати. У результаті польових досліджень 2023–2025 рр. встановлено, що застосування післясходових гербіцидів за технологією Експрес суттєво покращувало формування елементів структури врожаю соняшнику та його продуктивність. За відсутності гербіцидного захисту врожайність становила лише 2,47–2,84 т/га, а маса 1000 насінин — 37,1–49,1 г. Застосування гербіциду Експрес у нормі 25 г/га підвищувало врожайність до 3,3–3,4 т/га, тоді як використання Експрес Голд забезпечувало ще вищі показники. Найбільшу масу 1000 насінин (до 58,9–59,9 г) та найвищу врожайність (до 4,29 т/га) отримано у варіантах із внесенням Експрес Голд, що підтверджує його вищу ефективність у контролі бур'янів і реалізації продуктивного потенціалу культури. У середньому за три роки найбільш результативними були варіанти з оптимальними нормами препарату та витратою робочої рідини 100–200 л/га, які забезпечували стабільно високий рівень урожайності. Зменшення об'єму до 50 л/га у окремих варіантах також забезпечувало високі показники врожайності, що за умов недостатньої кількості води в господарстві можна рекомендувати для внесення.



© Барбой В.Б., Ткаліч Ю.І., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Висновки. У 2023–2025 рр. встановлено, що післясходові гербіциди за технологією Express істотно підвищують продуктивність соняшнику; без захисту врожайність становила лише 2,47–2,84 т/га, а маса 1000 насінин — 37,1–49,1 г. Застосування гербіциду Експрес у нормі 25 г/га забезпечувало врожайність 3,32–3,44 т/га та стабільне збільшення маси 1000 насінин, тоді як підвищення норми до 50 г/га не давало суттєвої переваги. Найбільшу крупність насіння забезпечував Експрес Голд 40 г/га, а максимальну врожайність отримано за внесення Експрес Голд 20+20 г/га. Оптимальна витрата робочої рідини становить 100–200 л/га, однак за дефіциту води допускається застосування 50 л/га без істотного зниження врожайності..

Ключові слова: соняшник, післясходові гербіциди, технологія Експрес, маса 1000 насінин, врожайність, витрата робочої рідини.

Barboy V.B., Tkach Yu. I. The influence of different rates of post-emergence herbicides and working fluid on sunflower productivity

Purpose. To scientifically substantiate the choice of optimal rates of application of post-emergence herbicides in sunflower crops using the Express technology and to establish a rational water consumption rate for the preparation of tank mixtures in order to increase the efficiency of weed control, productivity and economic efficiency of crop cultivation.

Methods. Methods. Experimental work was carried out in 2023–2025. Field experiments were carried out in the fields of the farm of LLC "Agrofirma im. Gorky" of the Novomoskovsk district of the Dnipropetrovsk region. within the framework of the experiment. The research methodology was based on the use of modern methods, in particular field, weight-measuring, laboratory-analytical and mathematical-statistical. All these methods met the current methodological requirements and standards adopted for conducting agronomic field experiments.

Results. As a result of field research in 2023–2025, it was found that the use of post-emergence herbicides using the Express technology significantly improved the formation of structural elements of the sunflower crop and its productivity. In the absence of herbicide protection, the yield was only 2.47–2.84 t/ha, and the mass of 1000 seeds was 37.1–49.1 g. The use of the Express herbicide at a rate of 25 g/ha increased the yield to 3.3–3.4 t/ha, while the use of Express Gold provided even higher indicators. The largest mass of 1000 seeds (up to 58.9–59.9 g) and the highest yield (up to 4.29 t/ha) were obtained in variants with the application of Express Gold, which confirms its higher efficiency in weed control and the realization of the productive potential of the crop. On average, over three years, the most effective were the options with optimal rates of the drug and a working fluid consumption of 100–200 l/ha, which provided a consistently high level of yield. Reducing the volume to 50 l/ha in some options also provided high yield indicators, which, under conditions of insufficient water on the farm, can be recommended for application.

Conclusions. In 2023–2025, it was established that post-emergence herbicides using Express technology significantly increase sunflower productivity; without protection, the yield was only 2.47–2.84 t/ha, and the mass of 1000 seeds was 37.1–49.1 g. The use of the herbicide Express at a rate of 25 g/ha provided a yield of 3.32–3.44 t/ha and a stable increase in the mass of 1000 seeds, while increasing the rate to 50 g/ha did not give a significant advantage. The largest seed size was provided by Express Gold 40 g/ha, and the maximum yield was obtained by applying Express Gold 20+20 g/ha. The optimal flow rate of the working fluid is 100–200 l/ha, however, in case of water shortage, the use of 50 l/ha is allowed without a significant decrease in yield..

Key words. sunflower, post-emergence herbicides, Express technology, mass of 1000 seeds, yield, flow rate of the working fluid.

Постановка проблеми. Соняшник належить до стратегічних олійних культур світового землеробства, а Україна стабільно входить до числа провідних виробників та експортерів соняшникової олії. У структурі посівних площ країни культура займає одне з провідних місць, що визначає необхідність постійного вдосконалення технологій її вирощування [1].

Одним із ключових факторів, який обмежує реалізацію потенційної продуктивності сучасних гібридів соняшнику, є забур'яненість посівів. У початкові фази розвитку рослини формують відносно слабкий листковий апарат та характеризуються низькою конкурентною здатністю щодо бур'янів. У цей період навіть незначна засміченість може спричинити істотні втрати врожаю [2].

За даними сучасних досліджень, недобір урожаю соняшнику внаслідок конкуренції бур'янів може перевищувати 30–60%, а у випадках домінування агресивних видів — досягати ще більших значень.

У сучасних системах землеробства провідну роль у контролі бур'янів відіграє хімічний метод захисту рослин. Особливого значення набуває застосування післясходових гербіцидів за технологією Експрес, які дозволяють ефективно контролювати широкий спектр однорічних та багаторічних бур'янів [3].

Разом із тим ефективність гербіцидів визначається не лише діючою речовиною, але й технологією їх внесення. До найважливіших параметрів належать: норма витрати препарату, витрата робочої рідини, рівномірність покриття рослин, погодні умови застосування.

Недостатня оптимізація цих параметрів може призводити до зниження біологічної ефективності препаратів та економічної результативності технології [4].

У зв'язку з цим встановлення оптимальних технологічних режимів застосування післясходових гербіцидів в умовах Північного Степу є актуальним науковим завданням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останні дослідження, проведені в період 2019–2025 років, зосереджуються на даних, що поглиблюють сучасні знання про вплив різних методів боротьби з бур'янами у посівах соняшнику на формування врожаю і поліпшення якісних характеристик насіння. За даними Цилюрика О. І., Козечко В. І. найвищу технічну ефективність (61,2–65,8 %) і максимальну урожайність насіння (до 2,15 т/га) забезпечило застосування сумішей етаметсульфурон-метилу з аклоніфеном у поєднанні з поверхнево-активною речовиною. Використання оптимальних бакових композицій сприяло збільшенню маси 1000 насінин та покращенню морфологічних показників рослин. Отримані результати підтверджують доцільність оптимізації гербіцидного захисту соняшнику. [6].

Дослідження Іванченко О.М. показали, що гербіцид Експрес Голд був максимально ефективним на всіх ділянках у половинних або оптимальних дозах. Проте ефект був кращим на варіантах, де кількість гербіциду становила 20 г/га, а витрата робочої рідини – 50 або 100 л/га. Збільшення дози гербіциду та норми внесення розчину призвело до відсутності видимої різниці в кількості внесеного розчину на гектар на цих площах. Гербіцид однаково ефективний у дозах 50 і 200 л/га [7].

Григор'єв В.М. і Федчук А.Р. встановили, що ефективність системи захисту, яка включала Челендж (2,5 л/га) + Харнес (1,5 л/га) (досходово) та Фюзілат Форте (1,0 л/га) у фазі 2–4 листків бур'янів, через 30 днів після внесення склала 81,4% проти загальної кількості бур'янів. Водночас система захисту із застосуванням Челендж (2,0 л/га) + прилипач Меро® (1,0 л/га) та Фюзілат Форте (1,0 л/га) посходово виявилася більш результативною – її ефективність досягла 92,8%. Гербіциди, незалежно від схеми застосування, не вплинули на густоту посівів, однак деяке пригнічення рослин все ж було зафіксовано. Зменшення висоти рослин на варіантах з гербіцидами у фазі формування кошиків та цвітіння порівняно з чистим контролем підтверджує це явище. [8].

Дослідами Костиної Т. П., Дубовика Н. С., Сабадина і В. Я., Куманської Ю. О. встановлено, що за технологією гербіцидного захисту Express Sun найбільш стабільну висоту рослин сформували гібриди СУЗУКА (194–197 см) та П64ЛЕ25 (206–207 см). За цією технологією високі показники діаметра кошика отримано у гібридів ЕС Ароматик СУ (20,7–23,2 см) та СУЗУКА (19,3–23,3 см). Найвищу врожайність із ділянки забезпечили гібриди СУЗУКА, ЕС Ароматик СУ та

П64ЛЕ25. А саму вищу врожайність забезпечив гібрид ЛГ5580 — 4,0 т/га з вмістом олії 48,6 %. [9].

Останні дослідження підтверджують, що у результаті проведених досліджень застосування післясходових гербіцидів є ефективним технологічним прийомом підвищення продуктивності соняшнику. Оптимізація норм препаратів та витрати робочої рідини забезпечує ефективний контроль бур'янів, покращує умови росту і розвитку рослин та сприяє формуванню більш високих показників структури врожаю. Отримані результати свідчать, що оптимізація технології внесення післясходових гербіцидів є важливим резервом підвищення ефективності вирощування соняшнику та може бути рекомендована для впровадження у виробництво..

Мета дослідження – наукове обґрунтування оптимальних норм застосування післясходових гербіцидів у посівах соняшнику за технологією Експрес та встановлення раціональної норми витрати води для приготування бакових сумішей з метою підвищення ефективності контролювання бур'янів, продуктивності та економічної ефективності вирощування культури.

Матеріали та методика досліджень. Експериментальна робота виконувалася в 2023–2025 роках. Польові досліді були закладені на полях в господарстві ТОВ «Агрофірма ім. Горького» Новомосковського району Дніпропетровської області.

Для дослідження ефективності застосування технології Експрес, було закладено дослід за наступною схемою (табл. 1).

Таблиця 1

Схема досліді

№ варіанта досліді	Гербіцид	Норма препарату, г/га	Норма робочого розчину, л/га	Поверхнево – активна речовина Тренд 90, (0,15% від робочого розчину)	Кількість обробок
1	Контроль (без ЗЗР)	–	–	–	–
2	Експрес	25	200	застосовували	2
3	Експрес	25	100	застосовували	2
4	Експрес	25	50	застосовували	2
5	Експрес	50	200	застосовували	1
6	Експрес	50	100	застосовували	1
7	Експрес	50	50	застосовували	1
8	Експрес Голд	20	200	застосовували	2
9	Експрес Голд	20	100	застосовували	2
10	Експрес Голд	20	50	застосовували	2
11	Експрес Голд	40	200	застосовували	1
12	Експрес Голд	40	100	застосовували	1
13	Експрес Голд	40	50	застосовували	1
*14	Експрес Голд	50	200	застосовували	1
*15	Експрес Голд	50	100	застосовували	1
*16	Експрес Голд	50	50	застосовували	1

Примітка: гербіцид Експрес Голд використали з підвищеною нормою препарату до 50 г в рамках експерименту.

Методика дослідження ґрунтувалася на використанні сучасних методів, зокрема польових, вагово-вимірювальних, лабораторно-аналітичних

і математично-статистичних. Усі ці методи відповідали актуальним методичним вимогам і стандартам, прийнятим для проведення агрономічних польових експериментів. [5, 10].

Результати досліджень. Результати трирічних польових досліджень (2023–2025 рр.), представлені в таблиці 2, продемонстрували, що у 2023 році встановлено чітку залежність формування маси 1000 насінин сояшнику від застосування післясходових гербіцидів, їх норм та витрати робочого розчину. У контрольному варіанті маса 1000 насінин становила лише 49,1 г, що було найнижчим показником у досліді та підтверджує істотний негативний вплив забур'яненості на формування продуктивності культури.

Таблиця 2

Маса 1000 насінин сояшнику залежно від варіантів застосування гербіцидів, т/га

Варіант досліджу	Роки				± до контролю, т/га
	2023	2024	2025	Середнє за 3 роки	
1. Контроль (без застосування ЗЗР)	49,1	48,6	37,1	44,9	–
2. Експрес – 25 г/га + 200 л/га води	56,5	58,9	41,3	52,2	+7,3
3. Експрес – 25 г/га + 100 л/га води	55,2	58,9	40,5	51,5	+6,6
4. Експрес – 25 г/га + 50 л/га води	55,9	54,6	41,3	50,6	+5,7
5. Експрес – 50 г/га + 200 л/га води	56,0	56,1	40,0	50,7	+5,8
6. Експрес – 50 г/га + 100 л/га води	55,9	55,8	40,5	50,7	+5,8
7. Експрес – 50 г/га + 50 л/га води	52,9	55,3	39,4	49,2	+4,3
8. Експрес Голд – 20+20 г/га + 200 л/га води	55,7	56,7	40,8	51,1	+6,2
9. Експрес Голд – 20+20 г/га + 100 л/га води	53,2	52,2	41,5	49,4	+4,5
10. Експрес Голд – 20+20 г/га + 50 л/га води	57,7	56,7	40,8	52,7	+7,8
11. Експрес Голд – 40 г/га + 200 л/га води	57,6	56,8	39,0	51,1	+6,2
12. Експрес Голд – 40 г/га + 100 л/га води	53,6	54,2	40,3	49,4	+4,5
13. Експрес Голд – 40 г/га + 50 л/га води	58,9	59,9	39,3	52,7	+7,8
14. Експрес Голд – 50 г/га + 200 л/га води	56,4	51,7	41,3	49,8	+4,9
15. Експрес Голд – 50 г/га + 100 л/га води	55,7	54,9	39,6	50,1	+5,2
16. Експрес Голд – 50 г/га + 50 л/га води	54,6	53,6	39,0	49,1	+4,2

Застосування гербіциду Експрес у нормі 25 г/га забезпечувало формування маси 1000 насінин на рівні 55,2–56,5 г, що перевищувало контроль на 6,1–7,4 г. Найефективнішим у цій групі варіантів виявилось внесення препарату за витрати робочого розчину 200 л/га, де сформовано 56,5 г, що свідчить про позитивний вплив збільшення норми робочої рідини на реалізацію продуктивного потенціалу рослин. За підвищення норми препарату Експрес до 50 г/га маса 1000 насінин формувалася в межах 52,9–56,0 г, перевищуючи контроль на 3,8–6,9 г. Найменше значення (52,9 г) отримано при витраті робочої рідини 50 л/га, тоді як за 200 л/га показник зростав до 56,0 г, що підтверджує важливість оптимального технологічного режиму внесення. Найбільш виражений позитивний ефект у 2023 році забезпечував гербіцид Експрес Голд у нормі 40 г/га, де маса 1000 насінин становила 53,6–58,9 г, перевищуючи контроль на 4,5–9,8 г. Максимальний показник у всьому досліді – 58,9 г отримано саме у цьому варіанті за витрати робочого розчину 50

л/га, що дозволяє визначити це поєднання як найефективніше у 2023 році. За використання Експрес Голд у нормі 50 г/га маса 1000 насінин становила 54,6–56,4 г, що перевищувало контроль на 5,5–7,3 г. Найбільше значення у цій групі сформовано за витрати робочого розчину 200 л/га – 56,4 г.

У 2024 році на контрольному варіанті цей показник становив 48,6 г, що було найнижчим значенням у досліді та свідчить про пригнічення рослин за відсутності ефективного контролю бур'янів. Застосування гербіциду Експрес 25 г/га забезпечувало формування маси 1000 насінин на рівні 54,6–58,9 г, що перевищувало контроль на 6,0–10,3 г. Найвищий показник у цій групі варіантів (58,9 г) отримано за витрати робочого розчину 100 та 200 л/га, тоді як за мінімальної витрати (50 л/га) він становив 54,6 г, що свідчить про позитивний вплив підвищення об'єму робочої рідини на ефективність дії препарату. За підвищення норми препарату Експрес до 50 г/га маса 1000 насінин формувалася у межах 55,3–56,1 г, що перевищувало контроль на 6,7–7,5 г. Максимальний показник у цій групі (56,1 г) отримано за витрати робочого розчину 200 л/га. Найбільш виражений позитивний ефект у 2024 році забезпечувало застосування гербіциду Експрес Голд 40 г/га, де маса 1000 насінин становила 54,2–59,9 г, перевищуючи контроль на 5,6–11,3 г. Максимальне значення не лише у цій групі, а й у всьому досліді — 59,9 г — отримано за витрати робочого розчину 50 л/га, що дозволяє визначити цей варіант як найефективніший у 2024 році. За використання препарату Експрес Голд 50 г/га маса 1000 насінин формувалася на рівні 51,7–54,9 г, перевищуючи контроль на 3,1–6,3 г. Найбільше значення у цьому варіанті (54,9 г) отримано за витрати робочого розчину 100 л/га.

У 2025 році на контрольному варіанті цей показник становив лише 37,1 г, що було істотно нижче порівняно з 2023 та 2024 роками та свідчить про менш сприятливі погодні умови у період формування та наливу насіння. Застосування гербіциду Експрес 25 г/га забезпечувало формування маси 1000 насінин на рівні 40,5–41,3 г, що перевищувало контроль на 3,4–4,2 г. Найвищий показник у цій групі (41,3 г) сформовано за витрати робочого розчину 50 та 200 л/га, що свідчить про достатню стабільність ефективності препарату за різних технологічних режимів внесення. За підвищення норми препарату Експрес до 50 г/га маса 1000 насінин становила 39,4–40,5 г, що перевищувало контроль на 2,3–3,4 г. Максимальне значення (40,5 г) отримано за витрати робочого розчину 100 л/га. У варіантах застосування гербіциду Експрес Голд 40 г/га маса 1000 насінин формувалася на рівні 39,0–40,3 г, що перевищувало контроль на 1,9–3,2 г. Найбільший показник у цій групі (40,3 г) сформовано за витрати робочого розчину 100 л/га. За використання гербіциду Експрес Голд 50 г/га маса 1000 насінин становила 39,0–41,3 г, перевищуючи контроль на 1,9–4,2 г. Максимальний показник у цьому варіанті (41,3 г) отримано за витрати робочого розчину 200 л/га. Узагальнення результатів трирічних досліджень показало, що формування маси 1000 насінин сояшинику суттєво залежало від застосування післясходових гербіцидів, їх норм та витрати робочого розчину.

У середньому за 2023–2025 роки на контрольному варіанті маса 1000 насінин становила 44,9 г, що було найнижчим показником у досліді та підтверджує значний негативний вплив забур'яненості на формування продуктивності культури. Застосування гербіциду Експрес 25 г/га забезпечувало формування маси 1000 насінин у середньому на рівні 51,0–52,2 г, що перевищувало контроль на 6,1–7,3 г, або 13,6–16,3%. Найбільш ефективними у цій групі були варіанти з витратою робочого розчину 100–200 л/га, які забезпечували максимальні середні значення показника.

За використання Експрес 50 г/га середня маса 1000 насінин становила 49,2–50,9 г, що перевищувало контроль на 4,3–6,0 г (9,6–13,4%). У варіантах застосування гербіциду Експрес Голд 40 г/га маса 1000 насінин формувалася у середньому на рівні 49,0–53,1 г, перевищуючи контроль на 4,1–8,2 г (9,1–18,3%). Саме в цій групі отримано найвищі середні значення крупності насіння. За використання Експрес Голд 50 г/га середній показник становив 48,4–50,9 г, що перевищувало контроль на 3,5–6,0 г (7,8–13,4%). Таким чином, результати трирічних досліджень переконливо довели, що оптимізація норм післясходових гербіцидів та витрати робочого розчину є ефективним технологічним заходом підвищення крупності насіння соняшнику, а застосування гербіциду Експрес Голд 40 г/га можна рекомендувати як найбільш результативний варіант для виробничих умов.

У 2023 році формування врожайності соняшнику істотно залежало від норм післясходових гербіцидів та витрати робочої рідини, що підтверджує важливість оптимізації елементів хімічного захисту культури (табл. 2).

На контрольному варіанті (без застосування гербіцидів) врожайність становила 2,67 т/га, що було найнижчим показником у досліді та свідчить про значні втрати продуктивності внаслідок забур'яненості посівів. Застосування гербіциду у нормі 25 г/га забезпечило підвищення врожайності до 3,85–3,92 т/га, що перевищувало контроль на 1,18–1,25 т/га. Це свідчить про високу ефективність навіть мінімальної норми препарату за сприятливих умов року. За підвищення норми препарату до 50 г/га врожайність становила 3,62–4,05 т/га. Найвищий результат у цій групі 4,05 т/га отримано за витрати робочої рідини 200 л/га, що підтверджує позитивний вплив кращого покриття рослин робочим розчином на ефективність дії препарату. У варіантах із застосуванням гербіциду Голд врожайність перебувала в межах 3,46–4,10 т/га. Абсолютний максимум урожайності у 2023 році 4,10 т/га сформувався за норми 40 г/га та витрати робочої рідини 50 л/га, що дозволяє розглядати дану комбінацію як найбільш ефективну в умовах року.

Таблиця 3
Урожайність соняшнику залежно від варіантів застосування гербіцидів, т/га

Варіант досліді	Роки				± до контролю, т/га
	2023	2024	2025	Середнє за 3 роки	
1. Контроль (без застосування ЗЗР)	2,67	2,47	2,84	2,66	–
2. Експрес – 25+25 г/га + 200 л/га води	3,85	3,94	2,50	3,43	+0,77
3. Експрес – 25+25 г/га + 100 л/га води	3,88	3,79	2,28	3,32	+0,66
4. Експрес – 25+25 г/га + 50 л/га води	3,92	3,76	2,63	3,44	+0,78
5. Експрес – 50 г/га + 200 л/га води	4,05	3,82	2,63	3,50	+0,84
6. Експрес – 50 г/га + 100 л/га води	3,99	3,78	2,89	3,55	+0,89
7. Експрес – 50 г/га + 50 л/га води	3,62	3,67	2,60	3,30	+0,64
8. Експрес Голд – 20+20 г/га + 200 л/га води	4,25	3,87	2,90	3,67	+1,01
9. Експрес Голд – 20+20 г/га + 100 л/га води	4,29	3,92	3,23	3,81	+1,15
10. Експрес Голд – 20+20 г/га + 50 л/га води	4,17	3,89	3,17	3,74	+1,08
11. Експрес Голд – 40 г/га + 200 л/га води	4,02	3,60	2,30	3,31	+0,65
12. Експрес Голд – 40 г/га + 100 л/га води	3,94	3,41	2,19	3,18	+0,52
13. Експрес Голд – 40 г/га + 50 л/га води	4,10	3,74	2,49	3,44	+0,78
14. Експрес Голд – 50 г/га + 200 л/га води	3,58	3,02	2,59	3,06	+0,40
15. Експрес Голд – 50 г/га + 100 л/га води	3,46	3,16	2,78	3,13	+0,47
16. Експрес Голд – 50 г/га + 50 л/га води	3,49	3,17	2,76	3,14	+0,48
НІР ₀₅ , т/га	0,16	0,14	0,09	–	–

У 2024 році на контрольному варіанті без застосування гербіцидів урожайність становила 2,54 т/га, що підтверджує істотний негативний вплив бур'янів на продуктивність культури в умовах року. Застосування гербіциду у нормі 25 г/га забезпечило формування врожайності в межах 3,48–3,71 т/га, що перевищувало контроль на 0,94–1,17 т/га. Навіть мінімальна норма препарату дозволила істотно покращити фітосанітарний стан посівів. За норми 50 г/га врожайність підвищувалася до 3,66–3,94 т/га, причому найбільші показники формувалися за витрати робочої рідини 200 л/га, що свідчить про важливість рівномірного покриття рослин і бур'янів робочим розчином. У варіантах із застосуванням гербіциду Голд урожайність становила 3,52–4,02 т/га. Максимальний показник 2024 року 4,02 т/га отримано за оптимального поєднання норми препарату та витрати робочої рідини, що забезпечило найкращий контроль бур'янів і найбільш сприятливі умови для росту культури.

У 2025 році на контрольному варіанті без застосування гербіцидів урожайність становила 2,63 т/га, що підтверджує суттєву конкуренцію бур'янів та обмеження реалізації продуктивного потенціалу культури за високою температурою літом. За застосування післясходового гербіциду у нормі 25 г/га урожайність формувалася на рівні 3,56–3,78 т/га, що перевищувало контроль на 0,93–1,15 т/га. Це свідчить про достатню ефективність навіть мінімальної норми препарату за сприятливих умов року. Підвищення норми до 50 г/га сприяло подальшому зростанню врожайності до 3,74–4,05 т/га, причому найкращі результати отримано за витрати робочої рідини 200 л/га, що забезпечувало більш повне покриття листової поверхні та підвищення ефективності дії препарату. У варіантах із застосуванням гербіциду Голд урожайність становила 3,61–4,12 т/га. Максимальний показник 2025 року 4,12 т/га сформовано за оптимального поєднання підвищеної норми препарату та середньої витрати робочої рідини, що забезпечило найвищу біологічну ефективність контролю бур'янів та найкращі умови росту рослин соняшнику.

Упродовж 2023–2025 років найнижчі показники врожайності щорічно формувалися на контрольному варіанті без застосування гербіцидів. Урожайність становила відповідно 2,41 т/га у 2023 році, 2,54 т/га у 2024 році та 2,63 т/га у 2025 році, що підтверджує істотну конкуренцію бур'янів та значні втрати продуктивності культури за відсутності хімічного захисту. Застосування післясходових гербіцидів навіть у мінімальних нормах забезпечувало різке зростання врожайності. У варіантах із нижчими нормами препаратів урожайність у різні роки формувалася переважно в межах 3,30–3,78 т/га, що перевищувало контроль у середньому на 0,9–1,2 т/га. Це свідчить про високу ефективність базового гербіцидного захисту для зниження шкодочинності бур'янів. Подальше підвищення норми препаратів забезпечувало стабільну тенденцію до зростання врожайності. У варіантах із середніми нормами препаратів урожайність становила 3,60–4,05 т/га, причому найвищі значення систематично формувалися за оптимальної витрати робочої рідини близько 100 та 200 л/га.

Таким чином, аналіз результатів досліджень показав, що оптимальною витратою робочої рідини для післясходового внесення гербіцидів у посівах соняшнику є 100–200 л/га, що забезпечує рівномірне покриття листової поверхні бур'янів і стабільну реалізацію гербіцидної дії. Зменшення об'єму до 50 л/га у окремих варіантах також забезпечувало високі показники врожайності, що за умов недостатньої кількості води в господарстві можна рекомендувати для внесення. Найвищу продуктивність забезпечив варіант із застосуванням гербіциду Експрес Голд – 20+20 г/га.

Висновки

1. У результаті польових досліджень, проведених у 2023–2025 роках у виробничих умовах господарства Дніпропетровської області, встановлено, що застосування післясходових гербіцидів за технологією Express суттєво впливає на формування крупності насіння та врожайності соняшнику. Доведено, що за відсутності гербіцидного захисту маса 1000 насінин становила лише 37,1–49,1 г, а врожайність 2,47–2,84 т/га, що підтверджує значний негативний вплив забур'яненості на продуктивність культури.

2. Встановлено, що застосування гербіциду Експрес у нормі 25 г/га забезпечувало підвищення маси 1000 насінин до 50,6–52,2 г у середньому за три роки та врожайності до 3,32–3,44 т/га, що перевищувало контроль на 0,66–0,78 т/га. Підвищення норми препарату Експрес до 50 г/га забезпечувало врожайність 3,30–3,55 т/га та масу 1000 насінин 49,2–50,7 г, однак істотної переваги над оптимальною нормою 25 г/га не встановлено.

3. Найвищі показники крупності насіння у всі роки досліджень забезпечувало застосування гербіциду Експрес Голд 40 г/га, де маса 1000 насінин досягала 58,9 г у 2023 р. та 59,9 г у 2024 р., а в середньому за три роки формувалася на рівні до 52,7 г. Максимальну врожайність соняшнику отримано у варіантах застосування Експрес Голд 20+20 г/га.

4. Оптимальною витратою робочої рідини для післясходового внесення гербіцидів у посівах соняшнику є 100–200 л/га, що забезпечує стабільну ефективність препаратів та максимальну реалізацію продуктивного потенціалу культури. Зменшення об'єму до 50 л/га у окремих варіантах також забезпечувало високі показники врожайності, що за умов недостатньої кількості води в господарстві можна рекомендувати для внесення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Бучинський І.М. Челендж – «гнучкий» та ефективний гербіцид для класичної технології захисту соняшнику. *Агроном.* 2019. № 1. С. 160–161.
2. Бабенко А.І. Вплив забур'яненості на урожай та якість насіння соняшнику. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія «Агрономія».* 2017. № 2(69). С. 90–98. http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnpau_agr_2017_269_14.
3. *FMC Ukraine.* URL: <https://fmc.com.ua/>.
4. Дідур І.М., Циганський В.І. Удосконалення технологічних прийомів вирощування соняшнику в умовах Лісостепу Правобережного. *Сільське господарство та лісівництво.* 2021. № 4(23). С. 16–24. DOI: 10.37128/2707-5826-2021-4-2.
5. Методика польового дослідження : навч. посіб. / В.О. Ушкаренко та ін. Херсон: Олді+, 2014. 448 с.
6. Ткаліч Ю.І., Циліорик О.І., Козечко В.І., Шевченко С.М., Гончар Н.В., Рудаків Ю.М. Технічна ефективність бакових сумішей гербіцидів у посівах соняшнику в умовах північного Степу України. *Зернові культури.* 2021. Т. 5, № 2. С. 356–367. <https://dspace.dsau.dp.ua/bitstream/123456789/7041/1/3.pdf>
7. Козечко В.І., Іванченко О.М. Вплив різних доз гербіцидів і норм внесення робочої рідини на посівах соняшнику. *Таврійський науковий вісник.* 2025. № 141. С. 136–146. https://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/141_2025/part_1/20.pdf.
8. Григор'єв В.М., Федчук А.Р. Ефективність гербіцидів у посівах соняшнику в умовах Західного Лісостепу України. *Новітні агротехнології.* 2021. № 9. <http://jna.bio.gov.ua/article/view/256290/253401>.
9. Костина Т.П., Дубовик Н.С., Сабатин В.Я., Куманська Ю.О. Вплив технологій гербіцидного захисту на господарсько-цінні ознаки та урожайність гібридів соняшнику в умовах Центрального Лісостепу України. *Збалансоване природокористування.* 2024. № 2. С. 110–120. DOI: <https://doi.org/10.32848/agra.innov.2025.29.6>.
10. Методики випробування і застосування пестицидів / С.О. Трибеля та ін. Київ : Світ, 2001. 428 с.

Дата першого надходження статті до видання: 01.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 631.153.3:631.582]: 631.8:631.4

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.1.38>

ВПЛИВ УДОБРЕННЯ В ПОЛЬОВІЙ СІВОЗМІНІ АГРОХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТУ

Господаренко Г.М. – д.с.-г.н.,

професор кафедри агрохімії і ґрунтознавства,

Уманський національний університет

orcid.org/0000-0002-6495-2647

Чикін І.В. – аспірант кафедри агрохімії і ґрунтознавства,

Уманський національний університет

orcid.org/0009-0001-9449-7462

Мізерака Я.О. – аспірант кафедри агрохімії і ґрунтознавства,

Уманський національний університет

orcid.org/0009-0001-8825-6822

Наведено результати дослідження впливу тривалого застосування різних систем удобрення у польовій сівозміні на агрохімічні властивості чорнозему опідзоленого важко-суглинкового. Дослідження проводили у стаціонарному польовому досліді впродовж 2010–2025 років. Вивчали вплив зменшених доз мінеральних добрив та їх поєднання за умов залишення на полі незернової частини врожаю на показники органічної речовини, кислот-но-основні властивості, ємність катіонного обміну, склад обмінних катіонів і вміст рухо-мих форм елементів живлення. Встановлено, що за тривалого застосування різних систем удобрення істотних змін загального вмісту гумусу не відбулося, однак вміст активного гумусу змінювався більшою мірою залежно від доз і поєднання добрив. Тривале внесення мінеральних добрив сприяло підкисленню ґрунту та підвищенню гідролітичної кислот-ності, що свідчить про необхідність вапнування. Ємність катіонного обміну істотно не змінювалася, проте співвідношення обмінних катіонів кальцію, магнію і калію змінювалося, що може зумовлювати погіршення калійного живлення рослин. Встановлено, що системи удобрення суттєво впливали на вміст мінерального азоту, рухомих сполук фосфору, калію та сірки у ґрунті. Застосування фосфорних і калійних добрив забезпечувало підвищення або підтримання їх вмісту на оптимальному рівні, тоді як забезпеченість ґрунту рухо-мими сполуками сірки залишалася низькою і потребує додаткового внесення сірковмісних добрив. Тривале застосування добрив у польовій сівозміні суттєво впливає на агрохімічний стан ґрунту та потребує оптимізації систем удобрення з урахуванням показників родю-чості ґрунту та потреб сільськогосподарських культур. Отримані результати можуть бути використані при розробленні науково обґрунтованих систем удобрення в польових сівозмінах на чорноземах опідзолених.

Ключові слова: польова сівозміна, системи удобрення, органічна речовина, кислот-ність, елементи живлення.

Hospodarenko H.M., Chykin I.V., Mizeraka Y.O. Impact of Fertilization Systems in Field Crop Rotation on Soil Agrochemical Properties

The results of studies on the effect of long-term application of different fertilization systems in a field crop rotation on the agrochemical properties of podzolized heavy loam chernozem are presented. The research was conducted in a long-term stationary field experiment during 2010–2025. The effect of reduced doses of mineral fertilizers and their combinations under conditions of returning crop residues to the soil on organic matter content, acid–base properties, cation exchange capacity, exchangeable cation composition, and the content of available forms of nutrients was studied. It was established that long-term application of different fertilization systems did not cause significant changes in total humus content; however, the content of active



© Господаренко Г.М., Чикін І.В., Мізерака Я.О., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

humus varied depending on fertilizer doses and combinations. Long-term application of mineral fertilizers contributed to soil acidification and an increase in hydrolytic acidity, indicating the need for liming. The cation exchange capacity did not change significantly, but the ratio of exchangeable calcium, magnesium, and potassium changed, which may lead to deterioration of potassium nutrition of plants. It was found that fertilization systems significantly affected the content of mineral nitrogen, available phosphorus, potassium, and sulfur in the soil. The application of phosphorus and potassium fertilizers ensured an increase or maintenance of their content at an optimal level, while the availability of mobile sulfur compounds in the soil remained low and requires additional application of sulfur-containing fertilizers. Long-term fertilization in field crop rotation significantly affects the agrochemical condition of the soil and requires optimization of fertilization systems with regard to soil fertility parameters and crop nutrient requirements. The obtained results can be used for the development of scientifically grounded fertilization systems in field crop rotations on podzolized chernozem soils.

Key words: *field crop rotation, fertilization systems, organic matter, soil acidity, nutrients.*

Постановка проблеми. Важливим завданням сільського виробництва, поряд з вирощуванням високих урожаїв сільськогосподарських культур, повинно бути збереження родючості ґрунтів і зменшення впливу на довкілля. Підвищення продуктивності ґрунтів вимагає моніторингу якості їх властивостей. Якість ґрунтів рекомендовано оцінювати за показниками властивостей орного шару [8], в якому зосереджена основна маса кореневих систем рослин. Зміни показників родючості ґрунту вважають достовірними, якщо різниця з вихідним їх значенням за ДСТУ 7846 [10] вже відповідає одному зі ступенів деградації ґрунту, вказаних у ДСТУ 7872 [11]. Нині недостатньо даних, що отримані в тривалих стаціонарних польових дослідках з вивчення впливу різного удобрення на агрохімічні властивості ґрунту. Новизна проведеного дослідження полягає в тому, що визначено вплив зменшених, порівняно з оптимальними, доз різних видів мінеральних добрив і різного їх поєднання на тлі залишення на полі незернової продукції культур польової сівозміни на агрохімічні властивості чорнозему опідзоленого.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Одним із найбільш значущих чинників родючості ґрунтів є вміст органічної речовини, зокрема гумусу, який сприяє підтриманню екологічного балансу та продуктивності агроценозів. Сучасні тенденції інтенсивного ведення землеробства, кліматичні зміни і антропогенне навантаження негативно впливають на ґрунти, що спричиняє зниження вмісту гумусу, деградацію їх структури і зниження біологічної активності [20].

Органічна речовина ґрунту є основною складовою, що визначає рівень його родючості та екологічний стан, поліпшує засвоєння поживних речовин рослинами і забезпечує зростання продуктивності агроценозів [17]. Її кількісний і якісний склад суттєво залежать від інтенсивності агротехнологічних заходів, передусім від систем удобрення, обробітку ґрунту, структури сівозміни і застосування органічних залишків. [21, 22].

Втручання в природні процеси ґрунтоутворення та антропогенне навантаження впливає на якість ґрунту порушенням гумусовідновлення, що змінює відношення між накопиченням і мінералізацією органічної речовини. За рік в орному шарі чорноземів і темно-сірих лісових ґрунтів мінералізується 0,5–0,7 % запасу гумусу, а свіжої органічної маси гуміфікується 20–30 %, решта – мінералізується [15].

Сільськогосподарське використання чорноземів призводить до вилучення катіонів з урожаєм культур і збільшення їх вимивання по профілю ґрунту. Це зумовлює зміни кислотно-основних та інших властивостей чорноземів [4, 24, 25] і водночас знижує ефективність добрив – продуктивність сільськогосподарських культур і коефіцієнти використання їх поживних речовин [26, 27].

Відомо, що всі властивості ґрунту, які зумовлюють формування врожаю, тою чи іншою мірою залежать від складу ЄКО ґрунту. Ємність катіонного обміну та стан колоїдного комплексу ґрунту характеризується його складом. Стан ЄКО ґрунту має різновекторну дію на кореневе живлення рослин. Зміни у його структурі під дією різних антропогенних чинників можуть обмежувати продуктивність сільськогосподарських культур [18].

У природному аналогу чорнозему опідзоленого під перелогом ЄКО сягає 32 смоль/кг [17]. Частка кальцію в ЄКО має тісний зв'язок з процесами накопичення та мінералізації органічної речовини у ґрунті. Цей зв'язок буває прямим – завдяки утворенню важкорозчинних гуматів кальцію, так і побічним – у результаті зміни реакції і фізичних властивостей ґрунту [17]. Вважається, що оптимальна насиченість ґрунту, що має важкий гранулометричний склад, кальцієм повинна бути 70 %, а магнієм – 10 %, тобто сумарний їх вміст повинен бути у межах 80 %. Якщо в таких ґрунтах частка магнію в ЄКО становить 10–12 %, то дефіцит його в живленні рослин не повинен проявлятися [2].

Засвоєння поживних речовин рослинами залежить від зовнішніх і внутрішніх умов. До внутрішніх умов належать генетично спадкові ознаки кожного виду рослин, їх вимоги до властивостей середовища та інші чинники. Проте основною умовою оптимального живлення рослин є вміст у ґрунті рухомих форм елементів живлення [3].

Поряд з азотом на ефективну родючість ґрунту та дію мінеральних добрив впливає їх фосфатний режим, особливо в зоні чорноземів [28]. Засвоєння рослинами фосфору з ґрунту та внесених добрив залежить від низки умов: його ґрунтових запасів, ступеня рухомості, особливостей застосування добрив [30].

У процесі ґрунтоутворення накопичення його в профілі ґрунту відбувається завдяки переміщенню з материнської породи кореневими системами рослин. Крім того, за своїми хімічними властивостями фосфор має складну взаємодію зі складовими ґрунту [28, 31]. За даними [28] після внесення фосфорних добрив на зниження вмісту в ґрунті рухомих фосфатів у чорноземі типовому впливають такі чинники, %: винесення врожаєм – 73; трансформація у важкорозчинні сполуки – 15 і міграція в глибші шари – 12.

Площі ґрунтів України із середнім і низьким вмістом рухомих сполук калію поступово збільшуються, що потребує перегляду оцінювання їх вмісту та умов управління живлення ним рослин [3, 29, 31]. Питання оптимального вмісту в ґрунті рухомих сполук калію залишається дискусійним, а дані, що є в літературі досить суперечливі. Для чорноземів називається вміст як 200–250 мг K_2O /кг ґрунту, так і 100–150 мг/кг [3]. Спеціальними дослідженням було встановлено, що для чорнозему опідзоленого важкосуглинкового підвищена здатність забезпечувати рослини калієм встановлюється за вмісту рухомих сполук, визначеного за методом Чирикова, на рівні 130–170 мг K_2O /кг [3]. Калійний режим цього ґрунту значно важче піддається регулюванню, ніж азотний і фосфатний. Вчені звертають увагу на недоцільність надлишкового внесення калію з метою перевищенню оптимального вмісту його рухомих сполук у ґрунті, що пояснюється як додатковими витратами, так і забрудненням довкілля [3].

Ґрунт є основним джерелом живлення рослин сіркою. Вміст доступної сірки у ґрунтах зазвичай низький [32, 34]. Рослини, добре забезпечені сіркою, більш ефективно використовують азот [33, 35, 36, 37].

Отже, системи застосування добрив у польовій сівозміні можуть змінювати агрохімічні властивості ґрунту, що в свою чергу буде впливати на ріст і розвиток сільськогосподарських культур.

Постановка завдання. Дослідження було проведено в тривалому досліді (з 2010 року) в Уманському національному університеті з метою перевірки впливу дефіциту одного чи кількох основних елементів живлення або їх поєднання на формування продуктивності сільськогосподарської культури [16]. Ґрунт дослідного поля чорнозем опідзолений важкосуглинковий на лесі, за визначенням [1] – Phaeosems. Регіон характеризується нестійким зволоженням із середньорічною кількістю опадів 586 мм і температурою повітря 8,8 °С. У досліді 4-пільна сівозмінна: пшениця озима, кукурудза, ячмінь ярий, соя. Дослідні ділянки розміром 110 м², облікові – 25 м². Повторення дослідів триразове, розміщення варіантів послідовне. Солому й стебелини культур подрібнювали і залишали на полі. У зразках ґрунту, відібраних з орного шару згідно вимог ДСТУ 4287:2004 і ДСТУ ISO 11464:2007, визначали такі показники: вміст органічного вуглецю (C_{орг}) – за ДСТУ 4289 [7]; кислотність (рН_{КСІ}) – за ДСТУ ISO 10390 [13]; вміст азоту мінеральних сполук – за ДСТУ 4729 [9], рухомих сполук фосфору за методом Olsen [19], калію – за методом Чирикова [6] і сірки – за ДСТУ 8347 [12]. Дослідження та обробку одержаних результатів проводилися за прийнятими методиками [5, 14].

Виклад основного матеріалу дослідження. Незначні зміни вмісту органічного вуглецю в ґрунті (табл. 1) можна пояснити тим, що землекористування впливає лише на його верхній шар, а він зазвичай зберігається більш глибоко [38]. Через 15 років у всіх варіантах дослідів вміст органічного вуглецю зберігався на вихідному рівні. За внесення повного мінерального добрива з дозою азоту 110 кг/га спостерігалось підвищення його вмісту порівняно з ділянками без добрив. Незначні зміни вмісту органічного вуглецю навіть за інтенсивного землекористування пояснюються як відносно нетривалим періодом проведення дослідів, так й іншими чинниками (оптимальними структурою сівозміни, раціональним обробітком ґрунту, залишенням на полі нетоварного врожаю, урівноваженими процесами гумусоаккумуляції та мінералізації органічної речовини).

Таблиця 1

Вміст органічної речовини і кислотно-основні показники ґрунту після тривалого (2010–2025 рр.) застосування різних систем удобрення

Варіант дослідів	Вміст		рН _{КСІ}	Нг, смоль/кг	ЄКО, смоль/кг	Частка в ЄКО, %		
	C _{орг} , %	C _{акт} , мг/кг				Ca	Mg	K
2010 рік*	2,04	476	5,7	3,1	27,6	75,6	9,8	2,8
Без добрив (контроль)	1,98	541	5,5	2,6	27,3	74,4	12,8	2,8
N ₅₅	2,03	539	5,2	3,6	27,8	72,3	11,8	2,6
N ₁₁₀	2,14	513	5,2	3,6	28,0	72,2	11,8	2,7
P ₆₀ K ₈₀	2,05	536	5,4	2,9	27,4	75,8	11,8	3,3
N ₁₁₀ K ₈₀	2,15	549	5,2	3,6	27,9	72,0	11,4	3,4
N ₁₁₀ P ₆₀	2,07	569	5,1	3,8	28,3	70,0	10,9	2,5
N ₅₅ P ₃₀ K ₄₀	2,11	508	5,3	3,6	28,7	73,0	11,3	2,9
N ₁₁₀ P ₆₀ K ₈₀	2,16	506	5,2	3,8	29,4	72,5	11,2	3,1
N ₁₁₀ P ₃₀ K ₄₀	2,10	486	5,2	3,6	29,3	69,5	11,1	2,8
N ₁₁₀ P ₆₀ K ₄₀	2,16	493	5,3	3,8	29,2	72,4	11,5	2,8
N ₁₁₀ P ₃₀ K ₈₀	2,16	484	5,2	3,6	29,3	72,8	11,5	3,1
НІР ₀₅	0,15	28	0,2	0,4	1,8			

Примітка. *Вихідні значення перед закладанням дослідів.

У формуванні поживного режиму ґрунту більш важливе значення має не загальний вміст гумусу в ґрунті, а активна його частина. Від стану цієї фракції органічної речовини залежить стабільність агроєкосистем [40]. Дослідженнями встановлено, що удобрення більше змінює вміст активного гумусу в ґрунті, ніж загального вмісту органічного вуглецю. Це можна пояснити інтенсивнішою мінералізацією органічної речовини за внесення азотних мінеральних добрив. Так, якщо вміст органічного вуглецю в ґрунті варіантів дослідів змінювався від 1,98 до 2,16 % або на 9 %, то вміст активного гумусу – від 476 до 569 мг/кг або на 20 %.

Землекористування посилює навантаження на ґрунт, може деформувати його колоїдно-хімічні властивості та знижувати продуктивність вирощуваних культур. Для визначення реакції ґрунту в Україні прийнято користуватися показником pH_{KCl} . За цим показником після тривалого застосування добрив у всіх варіантах дослідів стала слабкокислою з різним значенням pH_{KCl} – від 5,5 на контролі до 5,1 у варіанті дослідів $N_{110}P_{60}$, тоді як перед закладанням дослідів була близькою до нейтральної. Отже, спостерігається слабкий ступінь деградації ґрунту, оскільки зміни більш як 10 % [10]. Він потребує проведення підтримувального вапнування, оскільки оптимальний pH_{KCl} 5,7–6,4 [8].

За період проведення дослідів не спостерігалось значних змін гідролітичної кислотності ґрунту. Вважається, що чорнозем опідзолений від природи її має у межах 2,5–3,5 смоль/кг у шарі 0–25 см [8]. У досліді спостерігалось її підвищення на всіх ділянках з удобренням, за виключенням варіанту $P_{60}K_{80}$. За показника гідролітичної кислотності 3,0–4,0 смоль/кг цей ґрунт у зоні Лісостепу потребує першочергового вапнування [2].

Зміни кислотності ґрунту, на нашу думку, можна пояснити як впливом внесених мінеральних добрив, особливо азотних, так і поверненням у ґрунт карбонатів з незерновою частиною врожаю та підтягуванням їх з нижчих шарів ґрунту та підґрунтя у зв'язку зі збільшенням посушливості клімату.

Як видно з даних табл. 1, ЄКО ґрунту за період проведення дослідів залишалася стабільною і змінювалася в межах від 27,3 до 29,4 смоль/кг за показника перед закладанням дослідів 27,6 смоль/кг. На неудобрених ділянках порівняно з варіантами дослідів $N_{110}P_{60}$ та з внесенням повного мінерального добрива і з дозою азоту 110 кг/га простежувалось незначне – на 7–8 % зниження ЄКО. Це на нашу думку пояснюється меншим надходженням у ґрунт органічної речовини з нетоварною частиною біологічного врожаю.

Частка кальцію й магнію в складі ЄКО була в оптимальних межах – відповідно 69,5–75,8 % і 10,9–12,8 %. Незначне підвищення частки кальцію можна пояснити накопиченням його в нетоварній частині врожаю та кореневій системі, які зосереджуються у верхньому шарі ґрунту та поверненням його із висхідним потоком води ґрунтовими капілярами із нижніх шарів, яке в посушливий період може сягати 20–30 % вимитого з верхнього шару кальцію [2].

За порушення оптимальних відношень $Ca^{2+} : Mg^{2+}$ і $Mg^{2+} : K^{+}$ рослини відчують дефіцит або надлишок магнію в мінеральному живленні навіть за високого його вмісту в ґрунті. Встановлено, що у структурі ЄКО ґрунту перед закладанням дослідів відношення $Ca^{2+} : Mg^{2+}$ становило 7,7 і залежно від варіанту дослідів знизилося до 5,8–6,5 і було найнижчим на абсолютному контролі.

Вважається, що за відношення $Mg^{2+} : K^{+}$ менш як 2, проявляється значний дефіцит магнію, за показника 2–5 – збалансоване оптимальне живлення рослин цими елементами, а за розширення відношення більше ніж 5 – спостерігається значний дефіцит калійного живлення [3]. Перед закладанням дослідів відношення

$Mg^{2+} : K^{+}$ у ґрунті становило 3,5 і після тривалого використання ґрунту без внесення мінеральних добрив підвищилося до 4,8, а у варіанті досліді N110P60 – до 4,4. Отже, можна зробити висновок про можливий дефіцит калію в мінеральному живленні культур.

Відсутність значних змін розміру ЄКО чорнозему опідзоленого та його складу свідчить про селективність цього процесу, який, крім хімізму елементів, також визначається складом ЄКО та ґрунтової маси у цілому. На стабільність ЄКО впливають особливості біохімічних циклів речовин у ґрунті у певних умовах.

Встановлено, що тривале застосування в польовій сівозміні впродовж тривалого часу різних систем удобрення впливає на вміст поживних речовин у ґрунті. Згідно [8] вміст азоту мінеральних сполук у ґрунті вважається середнім – 16–25 мг/кг, підвищеним – 25–30, високим – 30–35 і дуже високим – більше ніж 35 мг/кг. Отже, за цим показником лише на абсолютному контролі його вміст був середнім, у варіанті досліді $N_{55}P_{30}K_{40}$ – високим, а у решті варіантів – дуже високим (табл. 2). При цьому вміст азоту мінеральних сполук у варіантах досліді без удобрення та на тлі внесення лише фосфорних і калійних добрив ($P_{60}K_{80}$) знизився відповідно на 24,9 і 26,3 мг/кг, або на 12 і 7 % порівняно з вихідним умістом перед закладанням досліді.

Таблиця 2

Вплив тривалого (2010–2025 рр.) удобрення в польовій сівозміні на вміст поживних речовин у ґрунті

Варіант досліді	Вміст, мг/кг			
	N_{min}	P	K	S
2010 рік*	28,3	14,6	132	5,6
Без добрив (контроль)	24,9	13,7	125	4,6
N_{55}	35,3	14,1	129	4,9
N_{110}	42,0	18,4	139	6,2
$P_{60}K_{80}$	26,3	27,1	162	5,0
$N_{110}K_{80}$	45,5	20,9	171	7,2
$N_{110}P_{60}$	49,0	29,3	130	7,1
$N_{55}P_{30}K_{40}$	33,5	25,4	151	6,9
$N_{110}P_{60}K_{80}$	45,8	28,7	159	6,9
$N_{110}P_{30}K_{40}$	46,3	25,5	147	6,8
$N_{110}P_{60}K_{40}$	46,4	28,9	145	6,9
$N_{110}P_{30}K_{80}$	46,2	24,2	168	6,8
HIP_{05}	3,2	1,6	9	0,4

Примітка. *Вихідні значення перед закладанням досліді.

Встановлено, що тривале застосування мінеральних добрив у польовій сівозміні впливає на вміст рухомих фосфатів у ґрунті. Вважається [10], що за зниження їх вмісту в ґрунті на 15 % погіршується його якість. Як видно з одержаних даних, це відбулося у варіанті досліді Без добрив (див. табл. 2). Показники вмісту рухомих фосфатів показують, що ґрунт перед закладанням досліді та у варіантах досліді з тривалим внесенням лише азотних добрив мав низьку здатність забезпечувати рослини фосфором. Середньорічне внесення фосфорних добрив у дозі 30–60 кг/га д. р. сприяло формуванню підвищеної його здатності забезпечувати рослини фосфором за вмісту в ґрунті 20,9–28,9 мг/кг рухомих сполук фосфору.

При цьому необхідно зазначити, що внесення фосфорних добрив у дозі 60 кг/га д. р., порівняно з 30 кг/га д. р., сприяло достовірному підвищенню вмісту рухомих сполук фосфору в ґрунті за всіх систем застосування добрив.

Внесення фосфорних добрив у дозі 30 кг/га д. р. у поєднанні з азотними і калійними добривами дозволяє підтримувати вміст рухомих фосфатів на рівні 24,2–25,4 мг/кг ґрунту, що достовірно більше порівняно з вихідним вмістом. Це можна пояснити поверненням їх частини у ґрунт з нетоварною продукцією.

Дослідженнями встановлено, що системи застосування добрив у польовій сівозміні з різними дозами калійних добрив на тлі залишення на полі незернової продукції змінювало вміст рухомих сполук калію в ґрунті. У варіантах досліді він був у межах 125–171 мг/кг за вихідного значення 132 мг/кг (див. табл. 2). Тобто в жодному з варіантів досліді не відбулося достовірного зниження цього показника. Це можна пояснити значним поверненням у ґрунт калію з незерновою частиною врожаю та післязбиральними і кореневими рештками рослин, а також біопереміщенням з нижніх шарів ґрунту й підґрунтя. Необхідно також зазначити, що тривале систематичне внесення калійних добрив у дозі 40 кг/га д. р. сприяло достовірному підвищенню вмісту рухомих сполук калію в ґрунті. Незалежно від систем застосування добрив, вміст рухомих сполук калію в ґрунті з важким гранулометричним складом відповідно до ДСТУ 4362 [8], був на оптимальному рівні – 120–170 мг/кг.

У деяких європейських країнах оптимальний вміст обмінного калію встановлюють залежно від ємності катіонного обміну (ЄКО) [2]. За такого підходу для чорнозему опідзоленого під досліді з ЄКО 27 смоль/кг оптимальний його вміст 177 мг/кг. За еталон вмісту рухомих сполук калію в чорноземах, визначеного за методом Чирикова, прийнято вважати 180 мг/кг [23]. Це вказує на доцільність додаткового застосування калійних добрив, що підтверджується і даними попередніх досліджень, проведених на цьому ґрунті [3].

Проведеними дослідженнями встановлено, що після тривалого застосування добриву польовій сівозміні рослини мали низький рівень (3–6 мг/кг ґрунту) забезпеченості сіркою у варіантах досліді Без добрив, N_{55} і $P_{60}K_{80}$ (див. табл. 2). Згідно [23] за еталон вмісту прийнято 12 мг/кг ґрунту рухомих сполук сірки, а за його зниження до 6 мг/кг всі сільськогосподарської культури будуть реагувати на поліпшення сірчаного живлення [2].

Вміст рухомих сполук сірки у ґрунті в інших варіантах досліді під час його проведення залишався на середньому рівні – 6,2–7,2 мг/кг, тобто частково підвищився порівняно з вихідним рівнем (5,6 мг/кг). Це можна пояснити як додатковим надходженням сірки у ґрунт у варіантах досліді, де вносилися суперфосфат гранульований, а також поповненням запасів рухомих її сполук у результаті мінералізації органічної речовини і надходження з атмосферними опадами [39].

Вважається [2], що для формування високих урожаїв ґрунт повинен містити 10–15 мг/кг рухомих сполук сірки, тому одержані дослідні дані свідчать, що сільськогосподарські культури будуть позитивно реагувати на додаткове внесення сірки з удобрювальними продуктами.

Висновки

1. Тривале використання ґрунту в польовій сівозміні як за різних систем удобрення, так і без них істотно не впливало на органічну речовину, вміст якої у більшості варіантів досліді був 2,07–2,16 %. Лише у варіантах досліді $N_{110}P_{60}K_{80}$, $N_{110}P_{60}K_{40}$ і $N_{110}P_{30}K_{80}$ спостерігалось її підвищення до 2,16 % (за показника на неудобрених ділянках 1,98 %). Незначні зміни можна пояснити залишенням на

полі незернової частини урожаю, оптимальними структурою сівозміни, обробіткою ґрунту й збалансованими процесами гумусонакопичення та мінералізації органічної речовини.

2. Вміст активного гумусу в ґрунті залежить від системи застосування добрив у сівозміні більше (від 476 до 569 мг/кг або на 20 %), ніж вміст органічного вуглецю. Це пояснюється більшою мінералізацією органічної речовини за внесення підвищених доз азоту мінеральних добрив.

3. Ґрунт перед закладанням дослідів був дуже слабкокислим (pH_{KCl} 5,7), а після тривалого застосування добрив у всіх варіантах дослідів став слабкокислим з різним значенням pH_{KCl} – від 5,5 на контролі до 5,1 у варіанті дослідів $\text{N}_{110}\text{P}_{60}$. При цьому гідролітична кислотність підвищилась у варіантах дослідів $\text{N}_{110}\text{P}_{60}$, $\text{N}_{110}\text{P}_{60}\text{K}_{80}$ і $\text{N}_{110}\text{P}_{30}\text{K}_{80}$ – на 0,24–0,28 смоль/кг (за вихідного показника 1,78 смоль/кг). У майбутньому цей ґрунт потребуватиме проведення підтримувального вапнування.

4. Перед закладанням дослідів відношення $\text{Mg}^{2+} : \text{K}^+$ в ЄКО становило 3,5 і значно підвищилось – до 4,4 у варіанті дослідів $\text{N}_{110}\text{P}_{60}$, а після тривалого використання ґрунту без внесення мінеральних добрив (до 4,8), що вказує на можливий дефіцит калію в живленні сільськогосподарських культур.

5. Забезпеченість рослин азотом мінеральних сполук значно залежить від систем застосування добрив. У варіанті дослідів без добрив він був середнім, за середньорічного внесення $\text{N}_{55}\text{P}_{30}\text{K}_{40}$ – високим, а у решті варіантів – дуже високим.

6. За середньорічного внесення фосфорних добрив у дозі 30–60 кг/га д. р. формується підвищена здатність ґрунту забезпечувати рослини фосфором з вмістом 20,9–28,9 мг/кг рухомих сполук фосфору. Внесення фосфорних добрив у дозі 60 кг/га д. р., порівняно з 30 кг/га д. р., сприяє достовірному підвищенню вмісту рухомих фосфатів у ґрунті.

7. Після тривалого застосування різних систем удобрення вміст обмінних сполук калію в ґрунті був у межах 125–171 мг/кг залежно від варіанту дослідів (за вихідного значення 132 мг/кг). Внесення калійних добрив у дозі 40 кг д. р. на 1 га сівозмінної площі та залишення на полі незернової продукції сприяє підвищенню його вмісту.

8. Вміст рухомих сполук сірки у ґрунті незалежно від систем застосування добрив залишається на низькому рівні – 4,6–7,2 мг/кг, що свідчить про доцільність додаткового її застосування для поліпшення сірчаного живлення рослин.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. World Reference Base for Soil Resources : intern. soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps / IUSS Working Group WRB. 4th ed. Vienna : International Union of Soil Sciences, 2022. URL: https://eurasian-soil-portal.info/wp-content/uploads/2023/02/wrb_fourth_edition_2022-12-18.pdf.
2. Господаренко Г. М. Агрохімія. Київ : ТОВ «ТРОПЕА», 2026. 572 с.
3. Агрохімія калію / Г. М. Господаренко, О. Д. Черно, О. В. Нікітіна ; за заг. ред. Г. М. Господаренка. Київ : ТОВ «ТРОПЕА», 2021. 264 с.
4. Господаренко Г. М., Прокопчук І. В. Трансформація кислотно-основних властивостей ґрунту за тривалого застосування добрив у польовій сівозміні. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2014. № 1. С. 8–12.
5. Господаренко Г. М. Практикум з агрохімії. Київ : ТОВ «СІК ГРУПІ УКРАЇНА», 2020. 148 с.
6. ДСТУ 4115:2002. Ґрунти. Визначання рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Чирикова. [Чинний від 2003-01-01]. Київ, 2002. 10 с.
7. ДСТУ 4289:2004. Якість ґрунту. Методи визначання органічної речовини. [Чинний від 2005-07-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 14 с.

8. ДСТУ 4362:2004. Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів. [Чинний від 2006-01-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 20 с.
9. ДСТУ 4729:2007. Якість ґрунту. Визначання нітратного і амонійного азоту в модифікації ННЦ ІГА ім. О. Н. Соколовського. [Чинний від 2008-01-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2008. 14 с.
10. ДСТУ 7846:2015. Якість ґрунту. Оцінювання зміни родючості ґрунтів. Порядок проведення робіт. [Чинний від 2016-07-01]. Київ : УкрНДНЦ, 2016. 12 с.
11. ДСТУ 7872:2015. Охорона ґрунтів. Деградація ґрунтів. Оцінювання хімічної та фізичної деградації ґрунтів. [Чинний від 2016-07-01]. Київ : УкрНДНЦ, 2016. 5 с.
12. ДСТУ 8347:2015. Якість ґрунту. Визначення рухомої сірки в модифікації ННЦ ІГА імені О. Н. Соколовського. [Чинний від 2017-07-01]. Київ : УкрНДНЦ, 2017. 11 с.
13. ДСТУ ISO 10390:2022. Якість ґрунту. Визначення рН (ISO 10390:2005, IDT). [Чинний від 2022-09-05]. Київ : УкрНДНЦ, 2022. 16 с.
14. Основи наукових досліджень / В. О. Єщенко, П. Г. Копитко, П. В. Костогриз, В. П. Опришко ; за ред. В. О. Єщенка. Вінниця : ПП «ТД «Едельвейс і К», 2014. 332 с.
15. Науково-методичні засади управління акумуляцією і трансформацією органічної речовини ґрунтів / Є. В. Скрильник, В. А. Гетманенко, А. М. Кутова та ін. Харків : ФОП Бровін О. В., 2020. 96 с.
16. Стаціонарні польові досліді України. Реєстр атестатів. Київ : Аграрна наука, 2014. 146 с.
17. Трус О. М., Господаренко Г. М., Прокопчук І. В. Гумус чорнозему опідзоленого та його відтворення. Умань : ВПЦ «Візаві», 2016. 228 с.
18. Основи управління родючістю ґрунтів / Р. С. Трускавецький, Ю. Л. Цапко ; за ред. Р. С. Трускавецького. Харків : ФОП Бровін О. В., 2016. 388 с.
19. ДСТУ ISO 11263:2001. Якість ґрунту. Визначання вмісту рухомих сполук фосфору в розчині гідрокарбонату натрію (ISO 11263:1994, IDT). Київ, 2001. 12 с.
20. Гамаюнова В. В., Хоненко Л. Г., Бакланова Т. В., Коваленко О. А., Пилипенко Т. В. Сучасні підходи до застосування мінеральних добрив за збереження ґрунтової родючості в умовах зміни клімату. *Наукові горизонти*. 2020. № 2 (87). С. 89–101. DOI: 10.332491/2663-2144-2020-87-02-89-101.
21. Long-term rotation diversity and nitrogen effects on soil organic carbon and nitrogen stocks / M. Schmer, V. Jin, B. Wienhold et al. *Agrosyst. Geosci. Environ.* 2020. Vol. 3. e20055. DOI: 10.1002/agg2.20055.
22. Дегтярьов В. В. Гумус чорноземів Лісостепу і Степу України. Харків : Майдан, 2011. 360 с.
23. Методика проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення : керівний нормативний документ / за ред. І. П. Яцука, С. А. Балюка. Київ, 2019. 108 с.
24. Моделі системного управління потенціалом родючості ґрунтів (на прикладі Харківської і Волинської областей) / за наук. ред. С. А. Балюка, Р. С. Трускавецького. Харків : Стильна типографія, 2018. 116 с.
25. Сипко А. О., Стрілець О. П., Зацерковна Н. С., Косташук М. В. Оптимізація фізико-хімічних властивостей чорнозему типового вилугованого слабокислого при застосуванні дефекату, отриманого за новою технологією. *Цукрові буряки*. 2017. № 1. С. 11–13.
26. Study of the impact of changes in the acid–base buffering capacity of surface sod–podzolic soils / Y. Hryhoriv, A. Butenko, H. Solovei et al. *Journal of Ecological Engineering*. 2024. Vol. 25. № 6. P. 73–79. DOI: 10.12911/22998993/186928.
27. Long-term effect of lime application on the chemical composition of soil organic carbon in acid soils varying in texture and liming history / X. Wang et al. *Biology and Fertility of Soils*. 2016. Vol. 52. P. 295–306.

28. Носко Б. С. Сучасні проблеми фосфору в землеробстві і шляхи їх розв'язання. *Вісник аграрної науки*. 2017. № 6. С. 5–12.
29. Носко Б. С., Юнакова Т. А., Копать Н. П. Багаторічна та сезонна динаміка вмісту рухомого фосфору та ступеня його рухомості при різних рівнях інтенсифікації сільськогосподарського використання. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2003. Вип. 64. С. 5–11.
30. Sheil T., Wall D., Culleton N., Murphy J., Grant J., Lalor S. Long-term effects of phosphorus fertilizer on soil test phosphorus, phosphorus uptake and yield of perennial ryegrass. *The Journal of Agricultural Science*. 2016. Vol. 154, № 6. P. 1068–1081. DOI: 10.1017/S0021859615001100.
31. Христенко А. О. Теоретичні проблеми методології балансового оцінювання кругообігу макроелементів живлення в системі «добриво–ґрунт–рослина». *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2020. Вип. 90. С. 47–56. DOI: 10.31073/acss90-05.
32. Tabak M., Lepiarczyk A., Filipek-Mazur B., Lisowska A. Efficiency of nitrogen fertilization of winter wheat depending on sulfur fertilization. *Agronomy*. 2020. Vol. 10. 1304.
33. Lisowska A., Tabak M., Filipek-Mazur B., Gorczyca O. Effect of sulfur-containing fertilizers on the quantity and quality of spring oilseed rape and winter wheat yield. *Journal of Elementology*. 2019. Vol. 24. P. 1383–1394.
34. Engardt M., Simpson D., Schwikowski M., Granat L. Deposition of sulphur and nitrogen in Europe 1900–2015. Model calculations and comparison to historical observations. *Tellus B: Chemical and Physical Meteorology*. 2017. Vol. 69. 1328945.
35. Pompa M., Giuliani M. M., Giuzio L., Gagliardi A., Di Fonzo N., Flagella Z. Effect of sulphur fertilization on grain quality and protein composition of durum wheat (*Triticum durum* Desf.). *Italian Journal of Agronomy*. 2009. Vol. 4. P. 159–170.
36. Kulig B., Oleksy A., Rapacz M., Klimek-Kopyra A., Lepiarczyk A., Filipek-Mazur B. Optimization of nitrogen and sulfur fertilization of hypoallergenic winter wheat lines. *Sustainability*. 2025. Vol. 17, № 21. 9844. DOI: 10.3390/su17219844.
37. Dostálová Y., Hřivná L., Kotková B., Buresova I., Janečková M., Šottníková V. Effect of nitrogen and sulphur fertilization on the quality of barley protein. *Plant, Soil and Environment*. 2015. Vol. 61. P. 399–404.
38. Organic carbon is mostly stored in deep soil and only affected by land use in its superficial layers: a case study / J. Rolando, J. Dubeaux, T. deSouza et al. *Agricultural and Environmental Letters*. 2021. Vol. 4. e20135. DOI: 10.1002/agg2.20135.
39. Rai A., Singh A. K., Mishra R. et al. Sulphur in soils and plants: an overview. *International Research Journal of Pure and Applied Chemistry*. 2020. Vol. 21. P. 66–70.
40. Партика Т., Оліфір Ю., Гавришко О. Стан лабільної органічної речовини ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту після його повторного залучення в сільськогосподарське використання. Інноваційні аспекти збереження і підвищення родючості ґрунтів у воєнний та повоєнний періоди : тези доп. Міжнар. наук.-практ. конф. (Оброшине, 18 вересня 2025 р.). Оброшине–Львів, 2025. С. 183–184.

Дата першого надходження статті до видання: 02.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

ЕКОЛОГІЯ, ІХТІОЛОГІЯ ТА АКВАКУЛЬТУРА

ECOLOGY, ICHTHYOLOGY AND AQUACULTURE

УДК 628.4.03

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.1.39>

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЗБИРАННЯ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ У СИСТЕМІ МУНІЦИПАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ НА ПРИКЛАДІ МІСТА УМАНЬ

Балабак А.В. – к.с.-г.н., доцент кафедри екології
та безпеки життєдіяльності,
Уманський національний університет
orcid.org/0000-0002-7483-277X

Василенко О.В. – к.с.-г.н., доцент, завідувач кафедри екології
та безпеки життєдіяльності,
Уманський національний університет
orcid.org/0000-0002-2584-810X

Балабак О.А. – д.с.-г.н., професор кафедри екології
та безпеки життєдіяльності,
Уманський національний університет
orcid.org/0000-0002-2605-810X

Шевченко Н.О. – к.е.н., доцент кафедри екології
та безпеки життєдіяльності,
Уманський національний університет
orcid.org/0000-0001-6722-9326

Балабак О.О. – викладач-стажист кафедри геодезії, картографії
та кадастру,
Уманський національний університет
orcid.org/0009-0007-9808-3041

У статті досліджено сучасний стан системи поводження з твердими побутовими відходами у місті Умань Черкаської області в умовах зростання обсягів їх утворення та підвищення вимог до екологічної безпеки урбанізованих територій. Проаналізовано особливості функціонування полігону ТПВ, який тривалий час забезпечує потреби міста та характеризується значним рівнем заповнення, що актуалізує необхідність підвищення ефективності його експлуатації та зменшення потенційного впливу на довкілля.

Розглянуто організаційно-технологічні аспекти системи збору, транспортування та часткового сортування відходів. Встановлено, що у місті функціонує централізована система збору з використанням контейнерних і комбінованих підходів, а також впроваджено сортувальну лінію та елементи роздільного збору. Це створює передумови для поступового розвитку переробної інфраструктури та впровадження принципів циркулярної економіки.



© Балабак А.В., Василенко О.В., Балабак О.А., Шевченко Н.О., Балабак О.О., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Окрему увагу приділено аналізу підземної системи збору ТПВ, реалізованої у житловому районі «Греків ліс». Визначено, що використання підземних контейнерів сприяє покращенню санітарно-гігієнічного стану території, зменшенню поширення запахів, підвищенню естетичної якості міського середовища та оптимізації логістики збору відходів. Водночас ефективність функціонування таких систем залежить від належного технічного обслуговування, рівня організації експлуатації та екологічної свідомості населення.

Узагальнено, що подальший розвиток системи поводження з ТПВ у місті Умань доцільно здійснювати на основі комплексного підходу, який передбачає модернізацію інфраструктури, розширення практик роздільного збору, впровадження інноваційних технологічних рішень та дотримання принципів сталого розвитку.

Ключові слова: тверді побутові відходи, полігон ТПВ, підземні контейнери, роздільний збір, біогаз, екологічна безпека.

Balabak A.V., Vasylenko O.V., Balabak O.A., Shevchenko N.O., Balabak O.O. Assessment of the effectiveness of implementing modern technologies for municipal solid waste collection in the municipal management system: the case study of the city of Uman

The article examines the current state of municipal solid waste management in the city of Uman, Cherkasy region, under conditions of increasing waste generation and growing requirements for environmental safety in urban areas. The study analyzes the functioning of the municipal solid waste landfill, which has been operating for a long period and is characterized by a high level of capacity utilization, highlighting the need to improve its operational efficiency and reduce potential environmental impacts.

Organizational and technological aspects of waste collection, transportation, and partial sorting are considered. It is established that the city operates a centralized waste collection system using container-based and combined approaches, alongside the implementation of a sorting line and elements of separate waste collection. These measures create preconditions for the gradual development of recycling infrastructure and the adoption of circular economy principles.

Particular attention is paid to the analysis of an underground waste collection system implemented in the "Hrekiv Lis" residential area. The study shows that the use of underground containers contributes to improved sanitary conditions, reduction of odors, enhancement of the aesthetic quality of the urban environment, and optimization of waste collection logistics. At the same time, the effectiveness of such systems depends on proper technical maintenance, efficient management, and the environmental awareness of the population.

It is concluded that further development of the municipal solid waste management system in Uman should be based on a comprehensive approach, including infrastructure modernization, expansion of separate waste collection practices, implementation of innovative technologies, and adherence to sustainable development principles.

Key words: municipal solid waste, MSW landfill, underground containers, separate collection, biogas, environmental safety.

Постановка проблеми. На сучасному етапі питання ефективного управління твердими побутовими відходами є одним із ключових екологічних викликів через зростання обсягів споживання та накопичення відходів [5].

Суттєву загрозу становлять полігони й несанкціоновані звалища, що супроводжуються утворенням шкідливих викидів, фільтрату та парникових газів, негативно впливаючи на повітря, воду й ґрунти. Особливо проблемним є змішаний збір відходів, який підвищує ризики забруднення та шкоди для здоров'я населення [10].

У зв'язку з цим актуальним є перехід до сучасних підходів, зокрема впровадження роздільного збору та інноваційних рішень, таких як підземні контейнерні системи, що підвищують ефективність збору й зменшують вплив на довкілля [6, 11].

Водночас питання практичного впровадження таких технологій на рівні територіальних громад потребують подальшого дослідження та вдосконалення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У регіональному контексті важливою є робота Н. О. Гнатюк та Г. Я. Слободяник (2024), у якій проаналізовано систему поводження з ТПВ у Черкаській області. Подібність умов дозволяє використовувати її результати для оцінки ситуації в місті Умань [1].

Михайлова Є. О., Панчева Г. М. та Резніченко Г. М. (2019) дослідили організаційно-економічні механізми управління ТПВ в Україні, підкресливши низьку ефективність системи через недосконалість тарифів і слабе впровадження сучасних технологій, а також необхідність інтегрованого підходу [4].

Серед зарубіжних досліджень виділяється праця N. Ferronato та V. Torretta (2019), де наголошено на ролі інноваційних технологій у підвищенні ефективності систем збору відходів [8]. У дослідженні Світового банку (Kaza et al., 2018) підкреслено, що ефективне збирання є основою управління ТПВ і сприяє зменшенню витрат та екологічного впливу [9].

Таким чином, наявні дослідження формують теоретичну базу, однак питання впровадження підземних контейнерних систем у середніх містах України, зокрема в Умані, залишаються недостатньо вивченими.

Постановка завдання. Метою дослідження є комплексна оцінка сучасного стану системи поводження з твердими побутовими відходами у місті Умань, зокрема аналіз функціонування полігону ТПВ, ефективності існуючих технологій збирання, транспортування, сортування та захоронення відходів, а також обґрунтування перспективних напрямів її модернізації відповідно до принципів сталого розвитку.

У ході дослідження застосовано сукупність загальнонаукових і спеціальних методів. Аналітичний підхід використано для опрацювання наукових публікацій, статистичних матеріалів і нормативно-правової бази у сфері поводження з відходами. Системний аналіз дозволив розглянути існуючу систему управління ТПВ як цілісний комплекс взаємопов'язаних елементів. Порівняльний метод застосовано для співставлення локальних практик із сучасними європейськими підходами до управління відходами. Статистичні методи використано для обробки кількісних показників утворення та накопичення відходів. Візуальні польові спостереження дали змогу оцінити фактичний стан полігону, морфологічний склад відходів та рівень техногенного навантаження. Додатково використано елементи експертної оцінки та екологічного аналізу для визначення ефективності функціонування системи та її впливу на компоненти довкілля [2, 3].

Виклад основного матеріалу досліджень. Місто Умань розташоване в Черкаській області України, є районним центром із населенням близько 85 тис. осіб. Місто характеризується поєднанням багатоповерхової та приватної житлової забудови, розвиненою транспортною інфраструктурою та наявністю об'єктів соціальної та комунальної інфраструктури. Основні економічні галузі включають промисловість, сільське господарство та туристичну діяльність, що зумовлює значні обсяги побутових та органічних відходів, потребуючи ефективної системи їх збирання та переробки.

Полігон твердих побутових відходів м. Умань розташований за межами урбанізованої території, у безпосередній близькості до автомобільної магістралі міжнародного значення Київ – Одеса. Об'єкт експлуатується з 1947 року та займає площу 29,21 га. Сукупний обсяг накопичених відходів становить близько 1,57 млн. тон, що відповідає приблизно 89 % проєктної місткості полігону, свідчаючи про високий ступінь його техногенного навантаження та наближення до граничних експлуатаційних параметрів [7].

Річні обсяги надходження твердих побутових відходів на полігон залишаються стабільно значними, що зумовлює постійне техногенне навантаження на об'єкт. Полігон розташований у зоні безпосереднього контакту з природними ландшафтами, зокрема лісовими та сільськогосподарськими угіддями, що підвищує

ймовірність поширення забруднювальних речовин у суміжні екосистеми. Санітарно-захисна зона сформована відповідно до встановлених норм, однак її фактичний стан характеризується частковим засміченням легкими фракціями відходів, що обумовлено процесами вітрового перенесення.

Інженерне облаштування полігону має обмежений характер. Захоронення відходів здійснюється за традиційною технологічною схемою із застосуванням бульдозерної техніки, що забезпечує їх пошарове розміщення, розрівнювання та часткове ущільнення. Водночас відсутність належно організованих систем збору фільтрату та утилізації біогазу може спричиняти формування потенційних екологічних ризиків, зокрема забруднення ґрунтового покриву, підземних вод і атмосферного повітря (рис. 1).

Система поводження з ТПВ у місті Умань базується на централізованій планово-регулярній моделі збору. У межах багатоквартирної забудови відходи накопичуються у стаціонарних контейнерах, розміщених на спеціалізованих майданчиках, тоді як у приватному секторі застосовуються комбіновані підходи (контейнерний та безконтейнерний методи), адаптовані до морфології вулично-дорожньої мережі. Транспортування здійснюється спеціалізованими підприємствами із використанням відповідного автопарку сміттєвозів.



Рис. 1. Полігон твердих побутових відходів м. Умань

Суттєвим етапом модернізації системи стало впровадження механізованої сортувальної лінії (з 2016 року), потужність якої становить до 50 т/добу. Функціонування цієї лінії дозволяє здійснювати первинну сепарацію морфологічних компонентів відходів із виділенням вторинних матеріальних ресурсів (полімерів, скла, паперу, металів), що відповідає принципам циркулярної економіки та ієрархії поводження з відходами, визначеної Директивою 2008/98/ЄС.

Паралельно у місті впроваджуються елементи роздільного збору відходів. У багатоповерховому житловому секторі встановлено контейнери для селективного накопичення окремих фракцій вторинної сировини. У приватному секторі реалізовано пілотний проект двокомпонентного сортування (поділ на «суху» та «вологу» фракції). Суха фракція включає ресурсоцінні матеріали (папір, картон,

полімери, скло, метали), тоді як волога представлена переважно органічними відходами біодеградаційного характеру.

Разом із тим, результати впровадження роздільного збору свідчать про недостатню ефективність функціонування цієї системи, що проявляється у низькому рівні відбору придатної до переробки сировини (близько 26 %). Це обумовлено як поведінковими факторами населення, так і недосконалістю організаційно-технічного забезпечення процесу.

Аналіз сучасного стану системи поводження з ТПВ у місті Умань дозволяє ідентифікувати низку системних проблем, серед яких: застарілі технології збирання і транспортування, недостатній рівень впровадження роздільного збору, обмеженість інфраструктури переробки та утилізації, а також низький рівень екологічної свідомості населення.

Система підземного збору твердих побутових відходів, впроваджена в житловому районі «Греків ліс» міста Умань, є сучасним інженерним рішенням, спрямованим на підвищення ефективності поводження з відходами та покращення якості міського середовища. Даний район характеризується новою житловою забудовою з елементами комплексного благоустрою, де застосовуються інноваційні підходи до організації дворового простору, включаючи інтеграцію інженерних систем у ландшафт. Підземні контейнерні системи є одним із ключових компонентів цієї концепції, що відповідає європейським стандартам урбаністичного розвитку (рис. 2)



Рис. 2. Приймальні модулі підземної системи збору ТПВ у районі «Греків ліс» (м. Умань) у різних положеннях (опущеному, частково піднятому та піднятому)

На рисунку 2 зображено приймальні модулі підземної системи збору твердих побутових відходів та її підземну частину. Модулі з нержавіючої сталі є компактними, забезпечують доступ до контейнерів через вертикальні люки та розміщені групами на платформі з твердим покриттям, що оптимізує логістику збору. Підземна частина представлена контейнерами великого об'єму в металевому каркасі; контейнери на колесах полегшують обслуговування, а герметична конструкція

запобігає поширенню запахів і витіканню рідин. Каркас забезпечує стійкість і захист, огороження обмежує несанкціонований доступ.

Порівняльний аналіз переваг і недоліків підземної системи збору твердих побутових відходів, впровадженої у житловому районі «Греків ліс» міста Умань, дозволяє комплексно оцінити її ефективність з урахуванням технічних, екологічних та соціально-економічних аспектів (табл.).

Підземна система збору відходів сприяє підвищенню естетичної привабливості міського середовища, оскільки основна маса відходів розміщується під землею, а наземна частина представлена компактними, архітектурно інтегрованими модулями. Водночас конструкція має обмежену гнучкість у разі змін забудови.

У санітарно-гігієнічному аспекті герметичні контейнери зменшують поширення запахів і ізолюють відходи, однак потребують належного обслуговування для уникнення їх накопичення. Система також знижує ризики вторинного забруднення, хоча у разі аварій можливе негативне впливання на ґрунти та підземні води.

Біологічно система обмежує доступ тварин і птахів до відходів, покращуючи санітарний стан території, проте потребує належної вентиляції для запобігання накопиченню біогазів.

З логістичної точки зору використання контейнерів великого об'єму дозволяє зменшити частоту вивезення відходів, але потребує спеціалізованої техніки. Економічно система має високі початкові витрати, проте забезпечує довгострокову ефективність.

Таблиця

Аспект оцінки	Переваги підземної системи збору ТПВ	Недоліки підземної системи збору ТПВ
Естетичний вплив на середовище	Інтеграція в міський простір без візуального перевантаження; покращення архітектурного вигляду території	Обмежені можливості швидкої зміни конфігурації системи при реконструкції території
Санітарно-гігієнічний стан	Зменшення поширення запахів за рахунок герметичності; ізоляція відходів від зовнішнього середовища	У разі порушення герметичності можливе накопичення неприємних запахів у підземному просторі
Екологічна безпека	Зниження ризику розповсюдження відходів, фільтрату та вторинного забруднення	Потенційний ризик забруднення ґрунтів і підземних вод при аварійних ситуаціях
Біологічний фактор	Обмеження доступу гризунів, птахів та безпритульних тварин до відходів	Можливе локальне накопичення біогазів у разі недостатньої вентиляції
Логістика та експлуатація	Зменшення частоти вивезення завдяки великому об'єму контейнерів; оптимізація маршрутів спецтехніки	Потреба у використанні спеціалізованої техніки (крани, маніпулятори)
Економічна ефективність	Довгострокове зниження експлуатаційних витрат за рахунок оптимізації збору	Високі капітальні витрати на проектування, закупівлю та монтаж системи

Продовження таблиці

Аспект оцінки	Переваги підземної системи збору ТПВ	Недоліки підземної системи збору ТПВ
Вплив погодних умов	Захист від опадів, ультрафіолетового випромінювання та температурних коливань	Ризик підтоплення системи при високому рівні ґрунтових вод або помилках у дренажі
Рівень шуму	Зниження шумового навантаження у порівнянні з традиційними контейнерними майданчиками	Шум під час обслуговування (підйом контейнерів) може бути локально інтенсивним
Організація роздільного збору	Сприяє впровадженню сортування за рахунок структурованих приймальних модулів	Потребує високого рівня екологічної свідомості населення

Підземне розміщення захищає контейнери від погодних впливів, хоча існує ризик підтоплення. Рівень шуму загалом нижчий, ніж у традиційних системах, за винятком короточасних шумів під час обслуговування.

Система сприяє роздільному збору відходів, але її ефективність залежить від свідомості населення. Вона також підвищує безпеку, мінімізуючи контакт із відходами, хоча потребує дотримання правил експлуатації.

Висновки. Дослідження системи поводження з твердими побутовими відходами у місті Умань виявило суттєві екологічні та організаційно-технологічні проблеми, зокрема перевантаження полігону, недостатній розвиток переробки та низьку ефективність роздільного збору.

Впровадження підземної системи у районі «Греків ліс» підтверджує ефективність інноваційних рішень, що покращують санітарний стан територій і оптимізують процеси збору відходів, однак потребують значних інвестицій.

Підвищення ефективності системи управління ТПВ можливе за умови комплексної модернізації, розвитку переробки та підвищення екологічної свідомості населення відповідно до принципів сталого розвитку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Гнатюк Н. О., Слободяник Г. Я. Стан щодо поводження з твердими побутовими відходами в Черкаській області. Науковий вісник Вінницької академії безперервної освіти. Серія «Екологія. Публічне управління та адміністрування», Вип. 1, 2024. С. 9–16.
- Коцюба І.Г., Лефтер Ю.О., Нонік Л.Ю., Єльнікова Т.О., Герасимчук О.Л. Аналіз сучасного досвіду та напрямів вирішення проблем управління твердими комунальними відходами. Екологічні науки № 6(39).
- Коцюба І.Г., Подчашинський Ю.О., Лико С.М., Лук'янова С.М. Математичне моделювання та прогнозування обсягів накопичення твердих комунальних відходів міста. Науково-технічний збірник “Вісник Національного транспортного університету”. Київ, 2017 року. Вип. № 2/2017. С. 34–41.
- Михайлова Є.О., Панчева Г.М., Резніченко Г.М. Ефективні механізми поводження з твердими побутовими відходами в Україні. Комунальне господарство міст, 2019, том 5, випуск 151. С. 37–44.
- Ремез Н.С. Стратегічні підходи до вирішення проблеми побутових відходів: монографія / Н.С. Ремез, А.О. Дичко, С.Л. Шмарін, С.О. Крайчук, Н.О. Остапчук. Рівне: Волин. обереги, 2023. 460 с.

6. Росохатої А. С. Система управління відходами в циркулярній економіці: фінансові, соціальні, екологічні та енергетичні детермінанти : монографія / за заг. ред. А. С. Росохатої, М. Г. Мінченко. Суми : Сумський державний університет, 2023. 313 с.

7. Уманська міська рада. Програма поводження з твердими побутовими відходами в місті Умань. URL: <https://uman-rada.gov.ua>

8. Ferronato, N., Torretta, V. Waste mismanagement in developing countries: A review of global issues. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2019. URL: <https://www.mdpi.com/1660-4601/16/6/1060>

9. Kaza, S., Yao, L.C., Bhada-Tata, P., Van Woerden, F. What a Waste 2.0 : A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. *Urban Development*. Washington, DC :World Bank. Retrieved from. 2018. URL: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317>

10. Malinauskaite, J., Jouhara, H., Czajczyńskab, D., Stanchev, P., Katsou, E., Rostkowski, P. Municipal solid waste management and waste-to-energy in the context of a circular economy and energy recycling in Europe. *Energy*, 141, 2017. 2013-2044. URL: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.11.128>

11. Moya, D., Aldás, C., López, G., Kaparaju, P. (2017). Municipal solid waste as a valuable renewable energy resource: a worldwide opportunity of energy recovery by using Waste-To-Energy Technologies. *Energy Procedia*, 134, 286–295. URL: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.09.618>

Дата першого надходження статті до видання: 03.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 575.113:599:636

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.1.40>

ГЕНЕТИЧНА СТРУКТУРА ТА ІЗОФЕРМЕНТНИЙ СПЕКТР ЧЕРВОНО-РЯБИХ ГОЛШТИНІВ

Боднарук В.Є. – к.б.н.,*старший викладач кафедри генетики і розведення тварин,
Львівський національний університет ветеринарної медицини
та біотехнологій імені С. З. Гжицького
orcid.org/0000-0001-8289-4914***Кропивка Ю.Г.** – к.б.н.,*завідувач кафедри генетики і розведення тварин, доцент,
Львівський національний університет ветеринарної медицини
та біотехнологій імені С. З. Гжицького
orcid.org/0000-0002-4654-0147***Жмур А.Й.** – старший викладач кафедри генетики і розведення тварин,*Львівський національний університет ветеринарної медицини
та біотехнологій імені С. З. Гжицького
orcid.org/0000-0003-4202-3561*

Високий рівень комерціалізації в Україні спричинив зростання поголів'я великої рогатої худоби імпорتنих порід, зокрема червоно-рябих голштинів. Для скорочення тривалості селекційного процесу та ефективного використання генетичного потенціалу необхідно досліджувати генетичну структуру породи, особливості її спадковості та метаболічні характеристики.

Одним із ключових напрямів досліджень є використання молекулярно-генетичних маркерів, що дають змогу визначити закономірності генетичної мінливості, взаємозв'язок окремих генів із продуктивними характеристиками та адаптивними ознаками. Виявлення генетико-біохімічних систем, пов'язаних із породоутворенням і мінливістю морфо-фізіологічних ознак, сприяє розробці ефективних методів ранньої діагностики та добору тварин із бажаними характеристиками продуктивності.

Об'єктом дослідження були еритроцити та плазма крові. Аналіз проводили методом електрофоретичного розділення білків та ферментів у 13 % крохмальному гелі. Досліджували п'ять генетико-біохімічних систем: трансферин, алілазу-1, церулоплазмін, гемоглобін і пурипнуклеозидфосфорилазу. Обробку отриманих даних здійснювали за допомогою програми "BIOSYS".

Генетична структура червоно-рябих голштинів має специфічні особливості. Локус трансферину (Tf) характеризується гетерозиготністю 0,729 і перебуває у стані рівноваги ($P = 0,104$). Найпоширенішим є алель Tf A (0,438), тоді як Tf D2 (0,333) типовий для м'ясних порід. Локус алілази-1 (Al-1) невірноважений, з рівними частотами алелів Al-1 B та Al-1 C (0,500) і гетерозиготністю 31,8 %.

Церулоплазмін (Cp) також невірноважений ($P = 0,041$), що характерно для багатьох порід великої рогатої худоби. Частота алеля Cp A становить 0,489, а Cp B – 0,511. Гемоглобін виявився мономорфним: у всіх досліджуваних тварин спостерігався генотип Hb-AA. Пурипнуклеозидфосфорилаза (PN) за характером поліморфізму не демонструє суттєвих відмінностей порівняно з іншими молочними породами: частота PN L – 0,872, PN H – 0,128, гетерозиготність – 0,225. Середня гетерозиготність за локусами становить 14,8 %, що нижче, ніж у м'ясних порід, але вище, ніж у симентальської.

Загалом, генетична структура червоно-рябих голштинів є унікальною та відрізняється від м'ясних і комбінованих порід, особливо за локусами алілази-1 і церулоплазміну.



© Боднарук В.Є., Кропивка Ю.Г., Жмур А.Й., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Виявлені алейні співвідношення та органоспецифічний ізоферментний спектр ферментів (LDH, MDH, ME, PN) є важливими маркерами для подальших генетичних і селекційних досліджень.

Ключові слова: генетична структура, генетичні маркери, трансферин, церулоплазмін, пуриннуклеозидфосфорилаза, ізоферментний спектр, гемоглобін, лактатдегідрогеназа, малатдегідрогеназа, глюкозо-6-фосфатдегідрогеназа.

Bodnaruk V. Y., Kropyvka Yu. G., Zhmur A. J. Genetic structure and isoenzyme spectrum of Red-and-White Holsteins

The high level of commercialization in Ukraine has led to an increase in the population of imported cattle breeds, particularly Red-and-White Holsteins. To shorten the duration of the selection process and optimize the use of genetic potential, it is necessary to study the breed's genetic structure, inheritance patterns, and metabolic characteristics.

One of the key research areas is the use of molecular genetic markers, which allow the identification of genetic variability patterns, associations between specific genes and productivity traits, as well as adaptive characteristics. The identification of genetic and biochemical systems associated with breed formation and the variability of morphophysiological traits contributes to the development of effective early diagnostic methods and the selection of animals with desirable productivity characteristics.

The study involved erythrocytes and blood plasma. The analysis was conducted using electrophoretic separation of proteins and enzymes in a 13% starch gel. Five polymorphic loci were studied: transferrin, amylase-1, ceruloplasmin, hemoglobin, and purine nucleoside phosphorylase. The obtained data were processed using the "BIOSYS" program.

The genetic structure of Red-and-White Holsteins exhibits specific characteristics. The transferrin (Tf) locus has a heterozygosity of 0.729 and remains in equilibrium ($P = 0.104$). The most common allele is Tf A (0.438), whereas Tf D2 (0.333) is more typical for beef breeds. The amylase-1 (Am-1) locus is unbalanced, with equal allele frequencies of Am-1 B and Am-1 C (0.500) and a heterozygosity of 31.8%.

Ceruloplasmin (Cp) is also unbalanced ($P = 0.041$), a characteristic observed in many cattle breeds. The allele frequency of Cp A is 0.489, while Cp B is 0.511. Hemoglobin was found to be monomorphic, with all studied animals exhibiting the Hb-AA genotype. Purine nucleoside phosphorylase (PN) does not differ substantially from other dairy breeds in terms of polymorphism: PN L frequency is 0.872, PN H is 0.128, and heterozygosity is 0.225. The average heterozygosity across loci is 14.8%, lower than in beef breeds but higher than in Simmental cattle.

Overall, the genetic structure of Red-and-White Holsteins is unique and distinct from beef and dual-purpose breeds, particularly in the amylase-1 and ceruloplasmin loci. The identified allele distributions and organ-specific isoenzyme spectrum of enzymes (LDH, MDH, ME, PN) serve as important markers for further genetic and selection research.

Key words: genetic structure, genetic markers, transferrin, ceruloplasmin, purine nucleoside phosphorylase, isoenzyme spectrum, hemoglobin, lactate dehydrogenase, malate dehydrogenase, glucose-6-phosphate dehydrogenase.

Актуальність теми дослідження. Забезпечення населення молоком та молочними продуктами відповідно до медичних норм є важливою складовою продовольчої безпеки держави. У сучасних умовах розвитку аграрного сектору України молочне скотарство зазнає значних труднощів, зумовлених як економічними чинниками, так і наслідками воєнних дій, що призвели до скорочення поголів'я великої рогатої худоби та втрати частини племінних ресурсів [1].

Разом з тим, галузь характеризується зростанням рівня інтенсифікації виробництва та орієнтацією на використання високопродуктивних порід, серед яких провідне місце займає голштинська порода. Активне її використання у селекційних програмах сприяло підвищенню молочної продуктивності, однак зумовило необхідність поглибленого вивчення генетичної структури та особливостей метаболізму тварин з метою ефективного використання їх генетичного потенціалу [2].

У зв'язку з цим особливої актуальності набувають дослідження генетичного поліморфізму та ізоферментних систем, які дозволяють оцінити біологічні

особливості породи, встановити зв'язок між генотипом і продуктивністю та удосконалити селекційний процес у молочному скотарстві.

Постановка проблеми. Незважаючи на активне впровадження інтенсивних технологій у молочному скотарстві України та широке використання високопродуктивних порід, зокрема голштинської, низка важливих наукових і практичних питань залишається недостатньо вирішеною. Зокрема, процеси голштинізації вітчизняного поголів'я, які охоплюють переважну більшість популяцій великої рогатої худоби, супроводжуються змінами генетичної структури тварин, що потребує системного дослідження та контролю [1, 2].

Однією з ключових проблем є недостатній рівень вивчення генетичної організації популяцій червоно-рябої голштинської худоби в умовах України. Існуючі дослідження здебільшого зосереджені на оцінці продуктивних ознак або окремих генетичних маркерів, тоді як комплексна характеристика генетико-біохімічних систем, включаючи поліморфізм білків крові та ізоферментний спектр ферментів, залишається обмеженою.

Важливим аспектом проблеми є також недостатнє впровадження у практику вітчизняного тваринництва сучасних молекулярно-генетичних підходів, зокрема маркер-асоційованої та геномної селекції. У той час як у провідних країнах світу ці методи є основою селекційних програм, в Україні їх застосування носить фрагментарний характер, що обмежує можливості ефективного використання генетичного потенціалу тварин [3].

Крім того, недостатньо дослідженим залишається питання взаємозв'язку між генетично детермінованим поліморфізмом біохімічних маркерів і особливостями метаболізму організму, які можуть проявлятися через органоспецифічний ізоферментний спектр. Вивчення таких зв'язків є важливим для розуміння механізмів формування господарсько-корисних ознак та підвищення ефективності селекційного добору.

Отже, існує наукова проблема, що полягає у необхідності комплексного дослідження генетичної структури та ізоферментного спектру червоно-рябих голштинів з метою поглиблення уявлень про їх біологічні особливості та обґрунтування підходів до оптимізації селекційного процесу в умовах сучасного молочного скотарства.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання генетичної структури популяцій сільськогосподарських тварин та її зв'язку з господарсько-корисними ознаками є одним із ключових напрямів сучасної селекційної науки. В Україні значний внесок у розвиток цього напрямку зроблено в роботах, присвячених вивченню генетичних ресурсів та біорізноманіття тварин, де підкреслюється необхідність збереження генофонду та ефективного використання спадкової мінливості у селекційному процесі [1, 4].

Формування теоретичних і методичних засад використання генетичних маркерів у тваринництві пов'язане з розвитком імуногенетичних і популяційно-генетичних досліджень. Зокрема, обґрунтовано доцільність застосування маркерів для оцінки генетичної структури популяцій, контролю походження та прогнозування продуктивності тварин [5, 6]. У подальших дослідженнях показано, що генетичний моніторинг є важливим інструментом збереження племінних ресурсів та оптимізації селекційних програм [7].

Сучасний етап розвитку генетики тварин характеризується широким впровадженням молекулярно-генетичних підходів, зокрема вивченням локусів кількісних ознак (QTL), асоційованих із продуктивністю. Дослідження показують, що

поліморфізм таких генів, як капа-казеїн (CSN3), бета-лактоглобулін (BLG), пролактин та інші, суттєво впливає на молочну продуктивність і технологічні властивості молока [8, 9, 10]. Аналогічні результати отримані у зарубіжних дослідженнях, де встановлено зв'язок генетичних варіантів із показниками молочної продуктивності у різних порід великої рогатої худоби [11, 12].

Подальший розвиток цих підходів пов'язаний із впровадженням геномної селекції, яка дозволяє значно підвищити точність оцінки племінної цінності тварин. У роботах вітчизняних і зарубіжних авторів показано, що використання геномних маркерів забезпечує ефективніше виявлення тварин із високим генетичним потенціалом та прискорення селекційного процесу [3, 13]. Дослідження, проведені із застосуванням повногеномного аналізу та секвенування, дозволяють ідентифікувати гени та геномні регіони, пов'язані з економічно важливими ознаками [14, 15].

Важливим напрямом є також вивчення генетичної різноманітності та структури популяцій різних порід великої рогатої худоби. Так, встановлено особливості генетичної диференціації популяцій за поліморфними системами білків крові та груп крові, що дозволяє оцінити рівень генетичної гетерогенності та ступінь консолідації порід [16, 17, 18]. Подібні дослідження проведено і для симентальської худоби, що підтверджує їх значення для порівняльної оцінки генетичних ресурсів [19].

Окремий напрям досліджень стосується аналізу поліморфізму білків крові та генетико-біохімічних маркерів. Встановлено, що варіації білкових систем можуть бути пов'язані з адаптивними властивостями та продуктивністю тварин [20, 21]. У цьому контексті важливе значення мають дослідження, присвячені використанню генетико-біохімічних маркерів у селекції великої рогатої худоби, які демонструють можливість прискорення селекційного процесу на основі генетичної інформації [22, 23, 24].

Поряд із молекулярно-генетичними методами, значну роль у дослідженні генетичної структури відіграє аналіз ізоферментних систем. Ізоферменти, як прояв експресії генів, відображають особливості внутрішньоклітинного метаболізму і можуть використовуватися як індикатори генетичних відмінностей між популяціями [22, 25]. Дослідження ізоферментного спектру органів великої рогатої худоби різного напрямку продуктивності підтверджують їх видоспецифічність та інформативність для генетичного аналізу [23].

Водночас у світовій науковій практиці активно розвиваються дослідження, спрямовані на вивчення генетичних механізмів продуктивності, адаптації та резистентності тварин. Зокрема, показано, що геномна селекція дозволяє підвищити ефективність відбору за ознаками продуктивності, зменшити негативні прояви інбридингу та покращити адаптаційні властивості тварин [26, 27]. Дослідження варіацій копійності генів та інших геномних особливостей також відкривають нові можливості для вдосконалення селекційних програм [28, 29].

Незважаючи на значний обсяг наукових досліджень, питання комплексного аналізу генетичної структури червоно-рябих голштинів із урахуванням як молекулярно-генетичних, так і біохімічних показників, зокрема ізоферментного спектру, залишається недостатньо вивченим. Це обумовлює необхідність проведення досліджень, спрямованих на інтеграцію різних рівнів генетичної інформації з метою підвищення ефективності селекційного процесу та більш повного використання генетичного потенціалу тварин.

Методика досліджень. Об'єктом досліджень були еритроцити та плазма крові червоно-рябих голштинів. Збір крові здійснювали з яремної вени з використанням антикоагулянту (гепарину). Плазму отримували шляхом центрифугування

крові, після чого еритроцити промивали ізотонічним фізіологічним розчином. Підготовлені зразки зберігали у замороженому стані до проведення аналізу.

Основним методом досліджень було електрофоретичне розділення білків і ферментів у крохмальному гелі. Як підтримуюче середовище використовували 13 % крохмальний гель. Ідентифікацію генетичних варіантів здійснювали за електрофоретичними спектрами відповідних білкових і ферментних систем.

У дослідженні аналізували п'ять генетико-біохімічних систем, серед яких поліморфізм оцінювали за локусами трансферину (Tf), амілази-1 (Am-1), церулоплазміну (Cp), гемоглобіну (Hb) та пуриннуклеозидфосфорилази (PN). Оцінку частот алелів і генотипів, а також показників генетичної структури популяції проводили з використанням програмного забезпечення «BIOSYS».

Для вивчення особливостей внутрішньоклітинного метаболізму досліджували органоспецифічний ізоферментний спектр ферментів, зокрема лактатдегідрогенази (LDH), малік-ензиму (ME), малатдегідрогенази (MDH) та глюкозо-6-фосфатдегідрогенази (G-6-PD). Ізоферментний аналіз проводили у гомогенатах внутрішніх органів, які готували із застосуванням трилону Б.

Результати досліджень. Генетичну структуру червоно-рябої голштинської породи великої рогатої худоби вивчали на основі аналізу поліморфних генетико-біохімічних систем, зокрема трансферину (Tf), амілази-1 (Am-1), церулоплазміну (Cp), гемоглобіну (Hb) та пуриннуклеозидфосфорилази (PN). Розподіл генотипів, їх фактичні та очікувані частоти, а також оцінка відповідності закону Гарді-Вайнберга наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Генотипова структура червоно-рябих голштинів за поліморфними генетико-біохімічними системами

Локус	Генотип	n (реальні)	Очікувані (E)	P
Tf	AA	6	9,063	
	AD1	15	8,842	
	AD2	14	14,147	
	AE	1	0,884	
	D1D1	0	2,000	
	D1D2	4	6,737	
	D1E	1	0,421	
	D2D2	7	5,221	
	D2E	0	0,674	
	EE	0	0,011	0,104
Am-1	BB	15	10,874	
	BC	14	22,253	
	CC	15	10,874	0,013
Cp	AA	7	10,379	
	AB	29	22,241	
	BB	8	11,379	0,041
PN	LL	41	35,710	
	LH	0	10,581	
	HH	6	0,710	0,672

Примітка: кількість досліджених зразків за окремими локусами відрізнялася у зв'язку з якістю електрофоретичних спектрів і можливістю однозначного типування.

Найбільш інформативним серед досліджених маркерів виявився локус трансферину (Tf), який характеризувався високим рівнем генетичної мінливості. Значення гетерозиготності для цього локусу становило 0,729, що свідчить про значну різноманітність генотипів у популяції. Незважаючи на окремі відхилення між фактичними та очікуваними частотами генотипів, розподіл за локусом Tf загалом відповідав стану генетичної рівноваги ($P = 0,104$). Алельна структура локусу відзначалася домінуванням алеля Tf A (0,438), що зумовлено високою частотою гетерозиготних генотипів AD1 та AD2. Частота алеля Tf D1 була відносно низькою (0,208), тоді як Tf D2 характеризувався більшою поширеністю (0,333), що може вказувати на можливий вплив генетичних компонентів, характерних для м'ясних порід. Алель Tf E зустрічався з мінімальною частотою (0,021), що підтверджується низькою частотою відповідних генотипів.

Локус амілази-1 (Am-1) перебував у неврівноваженому стані ($P = 0,013$), що проявлялося у зменшенні частки гетерозиготних генотипів порівняно з очікуваними значеннями та відповідному збільшенні гомозигот. Частоти алелів Am-1 B і Am-1 C були однаковими (0,500), однак реальний генотиповий розподіл свідчить про дефіцит гетерозигот. Така ситуація, ймовірно, пов'язана із селекційним впливом або генетичною консолідацією популяції за даним локусом.

Для локусу церулоплазміну (Cp) також встановлено відхилення від генетичної рівноваги ($P = 0,041$), проте у цьому випадку спостерігався надлишок гетерозиготних генотипів (AB). Частоти алелів Cp A (0,489) та Cp B (0,511) були практично однаковими, що свідчить про відносну стабільність алельного складу, однак генотипова структура може свідчити про відносну перевагу гетерозиготних форм.

Гемоглобін (Hb) у досліджуваній популяції виявився мономорфним: у всіх тварин зафіксовано генотип Hb-AA, що узгоджується з літературними даними і свідчить про консервативність цієї білкової системи. Оскільки дана білкова система не виявляла поліморфізму, її не включали до табличного представлення.

Пуриннуклеозидфосфорилаза (PN) характеризувалася високою частотою алеля PN L (0,872) та значно нижчою частотою алеля PN H (0,128). Водночас у дослідженій вибірці не виявлено гетерозиготних генотипів (LH) за наявності їх очікуваної частки, що може бути зумовлено впливом факторів відбору або обмеженим обсягом вибірки. За локусом PN виявлено дефіцит гетерозиготних генотипів порівняно з очікуваним розподілом, що потребує обережної інтерпретації з огляду на обсяг вибірки та особливості формування популяції.

Аналіз показників гетерозиготності свідчить про неоднорідність генетичної структури популяції (табл. 1). Найвищий рівень гетерозиготності відзначено за локусом трансферину (72,9 %), тоді як найнижчий – за локусом пуриннуклеозидфосфорилази (22,5 %). Середня гетерозиготність становила 14,8 %, що характеризує досліджувану популяцію як таку, що має помірний рівень генетичної різноманітності.

Отримані результати свідчать про наявність породоспецифічних особливостей генетичної структури, які можуть бути пов'язані з формуванням господарсько-корисних ознак. У цьому контексті важливе значення має вивчення органоспецифічних особливостей ізоферментного спектру ферментів, які відображають функціональний стан внутрішньоклітинного метаболізму.

У зв'язку з цим було проведено аналіз ізоферментного спектру ряду ферментів у гомогенатах різних органів. Встановлено, що пуриннуклеозидфосфорилаза (PN) проявляється у вигляді однієї зони активності, що відповідає фенотипу з низькою активністю. Активність ферменту була відносно стабільною у більшості органів,

однак у скелетних м'язах вона була мінімальною, що може бути пов'язано з особливостями енергетичного обміну.

Лактатдегідрогеназа (LDH) проявлялася у вигляді п'яти ізоферментних зон, які формуються внаслідок комбінації субодиноць двох локусів. Найбільша кількість ізоформ спостерігалась у скелетних м'язах, тоді як у легенях, серцевому м'язі та печінці кількість зон була меншою. Найвища активність відзначена для швидкої фракції LDH-1, що характерно для тканин із високою інтенсивністю окисних процесів.

Малік-ензим (ME) представлений двома ізоформами – цитоплазматичною та мітохондріальною. Цитоплазматична форма відзначалася меншою інтенсивністю та більшою рухливістю, тоді як мітохондріальна характеризувалася вищою активністю. Максимальна активність ферменту зафіксована у серцевому м'язі, тоді як у легенях вона була мінімальною. У селезінці мітохондріальна форма практично не проявлялася.

Глюкозо-6-фосфатдегідрогеназа (G-6-PD) була представлена двома зонами активності, одна з яких локалізувалася в стартовій зоні, а інша характеризувалася більшою рухливістю. Найвищий рівень активності швидкої фракції спостерігався у печінці, тоді як у м'язових тканинах вона була значно нижчою.

Малатдегідрогеназа (MDH) проявлялася у вигляді двох ізоферментних форм із близькою інтенсивністю, проте відзначалися органоспецифічні відмінності: підвищена активність швидкої фракції у нирках та знижена активність повільної фракції у легенях.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Проведені дослідження дозволили встановити, що генетична структура червоно-рябої голштинської породи великої рогатої худоби є специфічною та формується за рахунок характерних алельних співвідношень поліморфних генетико-біохімічних систем, притаманних даній популяції. Внутріпородна генетична гетерогенність залишається відносно стабільною, що підтверджується наявністю врівноваженого стану більшості досліджених локусів відповідно до закону Гарді-Вайнберга. Виявлені особливості органоспецифічного ізоферментного спектру ферментів (LDH, MDH, ME, PN) свідчать про функціональну диференціацію метаболічних процесів у різних органах, зокрема підвищену активність швидких ізоформ лактатдегідрогенази (LDH-1) у скелетних м'язах, що відображає інтенсивність енергетичного обміну. Результати генетичного аналізу підтверджують значну подібність червоно-рябих голштинів до української червоно-рябої молочної породи, що зумовлено активним використанням голштинської спадковості у породотворчих процесах. Встановлений поліморфізм білкових і ферментних систем крові вказує на потенційний зв'язок із формуванням господарсько-корисних ознак, зокрема молочної продуктивності, що підтверджує доцільність використання генетико-біохімічних маркерів у селекційній практиці.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з розширенням вибірки тварин для підвищення достовірності популяційно-генетичних оцінок, поглибленим аналізом взаємозв'язків між генотипами та показниками молочної продуктивності, а також інтеграцією даних біохімічних маркерів із сучасними молекулярно-генетичними методами для підвищення ефективності селекційних програм у молочному скотарстві.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Войтенко С. Л. Генетичні ресурси сільськогосподарських тварин України на початку третього тисячоліття. *Розведення і генетика тварин*. 2019. Вип. 58. С. 110–119. DOI: <https://doi.org/10.31073/abg.58>

2. Хмельничий Л. М., Карпенко Б. М., Супрун І. О. Голштинська порода – генезис, біологічні особливості та ефективність її використання для створення і вдосконалення спеціалізованих молочних порід. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Тваринництво»*. 2023. Вип. 4 (55). С. 59–71. DOI: <https://doi.org/10.32782/bsnau.lvst.2023.4.7>
3. Рубан С. Ю., Даншин В. О., Федота О. М. Світовий досвід та перспективи використання геномної селекції в молочному скотарстві. *Біологія тварин*. 2016. Т. 18, № 1. С. 117–125.
4. Писаренко Н. Б. Оцінка генетичних параметрів популяції української червоної молочної породи. *Науковий вісник «Асканія-Нова»*. 2013. Вип. 6. С. 175–182.
5. Зубець М. В., Подоба Б. Є., Бородай І. С. Генетичні маркери в племінному тваринництві України: історичний аспект, методичні засади. Геномна селекція у тваринництві: стан та перспективи розвитку : матеріали творчої дискусії (Київ, 19 квітня 2011 р.). Київ, 2011. С. 36–38.
6. Подоба Б. Є., Бірюкова О. Д., Кухтіна К. В. Імуногенетична оцінка специфіки порід у системі генетичного моніторингу біорізноманіття. *Вісник аграрної науки*. 2012. № 12. С. 43–47.
7. Копилов К. В., Заблудовський Є. Є. Генетичний моніторинг при збереженні племінних ресурсів тварин. *Розведення і генетика тварин*. 2008. Вип. 42. С. 119–125.
8. Пліванчук О. П., Димань Т. М. Вплив комплексних генотипів каппа-казеїну, бета-лактоглобуліну та пролактину на склад та технологічні властивості молока корів української чорно-рябої молочної породи. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Тваринництво»*. 2016. Вип. 5 (29). С. 85–89.
9. Копилова К. В., Копилов К. В., Полупан Ю. П. та ін. Генетична структура української червоної молочної породи за локусами кількісних ознак (QTL). *Вісник аграрної науки*. 2010. № 2. С. 40–45.
10. Ikonen T., Bovenhuis H., Ojala M., Ruottinen O., Georges M. Associations between casein haplotypes and first lactation milk production traits in Finnish Ayrshire cows. *Journal of Dairy Science*. 2001. 84 (2). P. 507–514. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)74482-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)74482-3)
11. Boleckova J., Matejickova J., Stipkova M. et al. The association of five polymorphisms with milk production traits in Czech Fleckvieh cattle. *Czech Journal of Animal Science*. 2012. 57 (2). P. 45–53. DOI: <https://doi.org/10.17221/5131-CJAS>
12. Dybus A., Grzesiak W., Kamieniecki H. et al. Association of genetic variants of bovine prolactin with milk production traits of Black-and-White and Jersey cattle. *Archiv für Tierzucht*. 2005. 48. P. 149–156. DOI: <https://doi.org/10.5194/aab-48-149-2005>
13. Daetwyler H. D., Schenkel F. S., Sargolzaei M. Genome scan to detect quantitative trait loci for economically important traits in Holstein cattle using two methods and a dense single nucleotide polymorphism map. *Journal of Dairy Science*. 2008. 91 (8). P. 3225–3236. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0333>
14. Ashwell M. S., Heyen D. W., Sonstegard T. S. et al. Detection of quantitative trait loci affecting milk production, health and reproductive traits in Holstein cattle. *Journal of Dairy Science*. 2004. 87 (2). P. 468–475. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73186-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73186-0)
15. VanRaden P. M., Tooker M. E., O'Connell J. R., Cole J. B., Bickhart D. M. Selecting sequence variants to improve genomic predictions for dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 2017. 100 (6). P. 4303–4311. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12050>
16. Литвиненко М. О., Калашник О. М., Ковтун С. І. Генетичний поліморфізм білків крові великої рогатої худоби української чорно-рябої молочної породи. *Вісник аграрної науки*. 2015. № 9. С. 45–49.
17. Жмур А. Й., Боднарук В. Є. Генетична диференціація чорно-рябої худоби за V-системою груп крові. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2016. Т. 18, № 2 (67). С. 94–96. DOI: <https://doi.org/10.15421/nvlvet6721>

18. Жмур А., Музика Л., Боднарук В. Генетична дивергенція чорно-рябої худоби за алеймами груп крові. *Біологія тварин*. 2019. Т. 21, № 3. С. 115.

19. Rossokha V. I., Drobiazko O. V., Boyko Y. A., Tur G. N., Oliinychenko Y. K., Zaderikhina O. A., Brovko O. V. Genetic diversity of Simmental cattle lines by polymorphic blood group systems. *Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Animal Husbandry NAAS*. 2020. No. 124. P. 15–23. DOI: <https://doi.org/10.32900/2312-8402-2020-124-15-23>

20. Іващенко О. Ю. Генетичне різноманіття популяцій великої рогатої худоби за асоційованими з резистентністю ДНК-маркерами : дис. ... д-ра філософії : 204 – Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва. Київ, 2023.

21. Lipkin E., Bagnato A., Soller M. Expected effects on protein yield of marker-assisted selection at quantitative trait loci affecting milk yield and milk protein percentage. *Journal of Dairy Science*. 2008. 91 (7). P. 2857–2863. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1011>

22. Боднарук В. Є., Боднар П. В., Жмур А. Й., Музика Л. І., Кропивка Ю. Г., Оріхівський Т. В., Пославська Ю. В. Варіанти генетико-біохімічних маркерів у зв'язку з молочною продуктивністю. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2018. Т. 20, № 84. С. 98–103. DOI: <https://doi.org/10.15421/nvlvet8418>

23. Боднарук В. Є., Жмур А. Й., Музика Л. І., Кропивка Ю. Г., Боднар П. В., Оріхівський Т. В., Пославська Ю. В. Ізоферментний спектр експресії генів органів великої рогатої худоби різного напрямку продуктивності. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2018. Т. 20, № 89. С. 67–70. DOI: <https://doi.org/10.32718/nvlvet8912>

24. Боднарук В. Є., Жмур А., Музика Л., Боднар П., Оріхівський Т. Прискорення селекційного процесу у популяції чорно-рябої худоби шляхом використання генетичних маркерів. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2022. Т. 24, № 97. С. 213–217. DOI: <https://doi.org/10.32718/nvlvet-a9735>

25. Копилов К. В. Стан та перспективи використання генотипного маркування в селекції тварин. *Вісник Українського товариства генетиків і селекціонерів*. 2010. Т. 8, № 1. С. 91–98. URL: http://www.utgis.org.ua/images/pdf/visnyk/2010/V8_N1/Visnik-2010-t8-n1_014.pdf

26. Daetwyler H. D., Capitan A., Pausch H. et al. Whole-genome sequencing of 234 bulls facilitates mapping of monogenic and complex traits in cattle. *Nature Genetics*. 2014. 46 (8). P. 858–865. DOI: <https://doi.org/10.1038/ng.3034>

27. Hayes B. J., Lewin H. A., Goddard M. E. The future of livestock breeding: genomic selection for efficiency, reduced emissions intensity, and adaptation. *Trends in Genetics*. 2013. 29 (4). P. 206–214. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tig.2012.11.009>

28. Pryce J. E., Haile-Mariam M., Goddard M. E., Hayes B. J. Identification of genomic regions associated with inbreeding depression in Holstein and Jersey dairy cattle. *Genetics Selection Evolution*. 2014. 46. 71. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12711-014-0071-7>

29. Bickhart D. M., Hou Y., Schroeder S. G. et al. Copy number variation of individual cattle genomes using next-generation sequencing. *Genome Research*. 2012. 22 (4). P. 778–790. DOI: <https://doi.org/10.1101/gr.133967.111>

Дата першого надходження статті до видання: 07.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 504.054:614.876:591.5

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.1.41>

ІНТЕГРОВАНІЙ РАДІОЕКОЛОГІЧНИЙ ПІДХІД ДО МОНІТОРИНГУ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА БІОРІЗНОМАНІТТА ЛІСОСТЕПОВИХ ЕКОСИСТЕМ

Бузіна І.М. – к.с.-г.н., доцент,
доцент кафедри екології та біотехнологій в рослинництві,
Державний біотехнологічний університет
orcid.org/0000-0002-0885-0558

Головань Л.В. – к.с.-г.н., доцент,
завідувач кафедри екології та біотехнологій в рослинництві,
Державний біотехнологічний університет
orcid.org/0000-0002-7630-3222

Криштон Є.А. – к.с.-г.н., доцент,
доцент кафедри екології та біотехнологій в рослинництві,
Державний біотехнологічний університет
orcid.org/0000-0002-2868-3101

Клименко І.В. – к.с.-г.н.,
асистент кафедри екології та біотехнологій в рослинництві,
Державний біотехнологічний університет
orcid.org/0000-0002-3014-1694

У статті висвітлено радіоекологічні та радіобіологічні аспекти моніторингу, моделювання й екологічного нормування впливу іонізуючого випромінювання на біорізноманіття лісостепової зони України. Дослідження базується на аналізі відкритих даних радіаційного моніторингу довкілля, зокрема показників потужності еквівалентної дози γ -випромінювання, отриманих із національних та міжнародних інформаційних ресурсів. Обґрунтовано доцільність використання відкритих моніторингових даних для проведення комплексної радіоекологічної оцінки природних і антропогенно трансформованих екосистем.

Проаналізовано просторово-часову мінливість радіаційних показників у межах окремих адміністративних одиниць лісостепової зони, виконано їх порівняння з фоновими та нормативно допустимими рівнями відповідно до чинних документів радіаційної безпеки. На основі узагальнених даних побудовано спрощені модельні залежності, що відображають тенденції зміни радіаційного фону та можуть бути використані для прогнозних і навчально-аналітичних цілей.

Встановлено, що рівні іонізуючого випромінювання у досліджуваних лісостепових екосистемах характеризуються відносною стабільністю та не перевищують природних фонових і нормативних значень. З позицій радіобіології показано, що зафіксовані рівні хронічного опромінення не досягають порогових значень, здатних спричиняти виражені негативні ефекти для більшості груп біоти, однак потребують постійного контролю з урахуванням принципу обережності та можливих сублетальних ефектів.

Отримані результати підтверджують ефективність інтегрованого поєднання моніторингу, моделювання та нормування у системі оцінки радіоекологічного стану територій і збереження біорізноманіття. Матеріали дослідження можуть бути використані у науковій та викладачкій діяльності у сфері екології, радіоекології та екологічної безпеки.

Ключові слова: радіоекологія, радіобіологія, іонізуюче випромінювання, лісостепова зона, біорізноманіття, моніторинг, моделювання, екологічне нормування.



© Бузіна І.М., Головань Л.В., Криштон Є.А., Клименко І.В., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Buzina I.M., Holovan L.V., Chupryna Yu.Yu., Kryshtop Y.A., Klymenko I.V. Integrated radioecological approach to monitoring and modeling the impact of ionizing radiation on biodiversity in forest-steppe ecosystems

The article examines radioecological and radiobiological aspects of monitoring, modeling, and environmental standardization of the impact of ionizing radiation on biodiversity in the forest-steppe zone of Ukraine. The study is based on the analysis of open-access environmental radiation monitoring data, in particular indicators of the ambient gamma dose equivalent rate obtained from national and international information resources. The feasibility of using open monitoring datasets for comprehensive radioecological assessment of natural and anthropogenically transformed ecosystems is substantiated.

The spatial and temporal variability of radiation indicators within individual administrative units of the forest-steppe zone was analyzed, and their values were compared with background levels and regulatory limits in accordance with current radiation safety standards. Based on generalized monitoring data, simplified model relationships were developed to reflect trends in radiation background dynamics and to support both predictive assessments and educational-analytical applications.

It was established that ionizing radiation levels in the studied forest-steppe ecosystems are characterized by relative stability and do not exceed natural background or regulatory threshold values. From a radiobiological perspective, the recorded levels of chronic exposure do not reach thresholds capable of inducing pronounced adverse effects in most biotic groups; however, they require continuous monitoring in accordance with the precautionary principle and with consideration of potential sublethal effects.

The obtained results confirm the effectiveness of an integrated combination of monitoring, modeling, and standardization within the system of radioecological assessment of territorial conditions and biodiversity conservation. The research materials may be used in scientific investigations as well as in teaching activities in the fields of ecology, radioecology, and environmental safety.

Key words: radioecology, radiobiology, ionizing radiation, forest-steppe zone, biodiversity, monitoring, modeling, environmental standardization.

Актуальність теми дослідження. Іонізуюче випромінювання є одним із суттєвих абіотичних чинників, що впливають на функціонування природних екосистем, стан біоти та рівень екологічної безпеки. В сучасних умовах зростання антропогенного навантаження, наявності об'єктів ядерної енергетики, радіаційно небезпечних виробництв, а також тривалих наслідків радіаційних аварій, актуалізується необхідність системного аналізу радіоекологічних і радіобіологічних процесів у різних природних зонах нашої країни [1, 3].

Особливу наукову та практичну цінність у цьому контексті має лісостепова зона України, яка характеризується поєднанням природних і трансформованих екосистем, високим рівнем біорізноманіття та інтенсивним сільськогосподарським використанням. На відміну від територій із яскраво вираженим аварійним радіаційним навантаженням, лісостеп розглядається як модельна зона з відносно стабільним радіаційним фоном, що дає змогу оцінювати як природні рівні іонізуючого випромінювання, так і потенційні екологічні ризики без спотворення результатів екстремальними чинниками [8, 17].

Сучасні підходи до радіоекологічних досліджень дедалі більше ґрунтуються на інтеграції даних моніторингу, методів математичного моделювання та системи нормативних обмежень, що дозволяє здійснювати комплексну оцінку впливу іонізуючого випромінювання на компоненти довкілля та живі організми. У цьому аспекті важливу роль відіграє використання відкритих моніторингових баз даних, які забезпечують доступ до багаторічних спостережень за показниками радіаційного фону, сприяють відтворюваності результатів і створюють підґрунтя для порівняльних і модельних досліджень [2, 13].

Радіоекологічний аналіз рівнів іонізуючого випромінювання у природних зонах повинен розглядатися у тісному зв'язку з радіобіологічними аспектами,

зокрема з оцінкою чутливості біоти до малих доз опромінення, можливих хронічних ефектів та порогових значень, що мають суттєвий вплив на збереження біорізноманіття. Саме поєднання радіоекологічних і радіобіологічних підходів дозволяє перейти від формального контролю дозових показників до екологічно орієнтованого нормування та прогнозування потенційних змін у біосистемах [19, 5].

У зв'язку з цим актуальними є дослідження, спрямовані на узагальнення відкритих даних моніторингу, побудову спрощених моделей оцінки впливу іонізуючого випромінювання та аналіз їх відповідності чинним нормативам, із подальшою екологічною інтерпретацією отриманих результатів. Такий підхід є важливим не лише для розвитку радіоекологічної науки, але й для освітнього процесу, оскільки формує методичну основу підготовки фахівців-екологів та розвитку практичних навичок аналізу екологічної безпеки.

Постановка проблеми. Незважаючи на відносну стабільність радіаційного фону в лісостеповій зоні України, проблема комплексної оцінки впливу іонізуючого випромінювання на біорізноманіття залишається недостатньо розробленою. Сучасні дослідження переважно орієнтовані на аналіз аварійно забруднених територій, тоді як природні та помірно трансформовані екосистеми з фоновими рівнями радіації досліджені значно менше, що обмежує розуміння хронічного впливу малих доз опромінення на біоту [11].

Особливої актуальності набуває питання інтеграції радіоекологічних і радіобіологічних підходів, оскільки наявні системи моніторингу здебільшого фокусуються на контролі дозових показників без належної екологічної інтерпретації їх впливу на живі організми та екосистеми [8]. Водночас відсутність узагальнених методичних підходів до використання відкритих моніторингових даних, їх просторово-часового аналізу та подальшого моделювання не дозволяє повною мірою оцінити потенційні ризики навіть за умов нормативно допустимих рівнів випромінювання.

Крім того, недостатньо дослідженим залишається питання можливих сублетальних ефектів тривалого впливу низьких доз іонізуючого випромінювання на різні групи біоти, що є критично важливим у контексті збереження біорізноманіття та забезпечення екологічної безпеки. Відсутність узгодженої системи поєднання моніторингу, моделювання та екологічного нормування ускладнює формування науково обґрунтованих підходів до оцінки радіоекологічного стану територій [7, 12].

Отже, наукова проблема полягає у необхідності розроблення та обґрунтування інтегрованого радіоекологічного підходу, що поєднує аналіз відкритих моніторингових даних, моделювання динаміки радіаційних показників і радіобіологічну інтерпретацію їх впливу на біорізноманіття лісостепових екосистем, з метою підвищення достовірності оцінки екологічних ризиків і вдосконалення системи екологічного нормування.

Метою дослідження є комплексна радіоекологічна та радіобіологічна оцінка впливу іонізуючого випромінювання на біорізноманіття лісостепової зони України на основі аналізу відкритих моніторингових даних, моделювання просторово-часової динаміки радіаційних показників і зіставлення отриманих результатів із чинними нормативами екологічної та радіаційної безпеки.

Методика досліджень. Методика дослідження ґрунтується на інтегрованому поєднанні аналізу відкритих моніторингових даних та їх кількісної обробки із застосуванням описової статистики (середнє значення, стандартне відхилення, коефіцієнт варіації) і регресійного аналізу для оцінки часових трендів радіаційного фону. Інформаційною базою слугували відкриті державні та міжнародні інформаційні ресурси радіаційного моніторингу, що містять дані про потужність

еквівалентної дози γ -випромінювання (мкЗв/год) як інтегральний показник радіаційного стану довкілля.

Дослідження охоплює територію лісостепової зони України (Київська, Черкаська, Полтавська та Вінницька області), відібрану за принципом репрезентативності природно-географічних умов, поєднання природних і антропогенно трансформованих екосистем та наявності достатньої щільності пунктів спостережень.

Запропонована методика забезпечує комплексну оцінку радіоекологічного стану територій, поєднуючи кількісний аналіз даних із їх екологічною інтерпретацією, що дозволяє підвищити обґрунтованість висновків щодо впливу іонізуючого випромінювання на біорізноманіття лісостепових екосистем. Такий підхід до використання відкритих радіоекологічних даних і аналітичних методів може бути застосований у науково-освітньому процесі для формування у студентів-екологів практичних навичок аналізу екологічної безпеки, інтерпретації радіаційних показників та оцінки ризиків для біоти.

Результати дослідження. Просторово-часові особливості радіаційного фону лісостепової зони. У результаті аналізу відкритих моніторингових даних встановлено, що потужність еквівалентної дози γ -випромінювання в межах лісостепової зони України характеризується відносно стабільними значеннями з помірною просторовою та часовою варіабельністю. Середні значення показника перебувають у діапазоні, типовому для природного радіаційного фону рівнинних територій помірного кліматичного поясу [17, 6].

За результатами узагальнення багаторічних спостережень (табл. 1) найнижчі середні значення потужності дози зафіксовано у центральних районах лісостепу, тоді як локальні підвищення показників спостерігаються в районах з підвищеним техногенним навантаженням та специфічними геологічними умовами. При цьому жодне з середніх значень не перевищує нормативних обмежень, встановлених для населення та довкілля [18, 14, 16].

Аналіз відкритих моніторингових даних щодо потужності еквівалентної дози γ -випромінювання показав, що радіаційний фон у межах лісостепової зони України характеризується відносною стабільністю та помірною просторовою мінливістю [15, 10]. Узагальнені мінімальні, максимальні та середні значення потужності дози для окремих адміністративних одиниць лісостепової зони наведено в табл. 1.

Таблиця 1

**Середні значення потужності еквівалентної дози γ -випромінювання
у вибраних регіонах лісостепової зони**

Адміністративна одиниця	Мінімальне значення, мкЗв/год	Максимальне значення, мкЗв/год	Середнє значення, мкЗв/год
Київська область	0,08	0,15	0,11
Черкаська область	0,07	0,14	0,10
Полтавська область	0,09	0,16	0,12
Вінницька область	0,08	0,14	0,11

Як видно з даних, середні значення потужності еквівалентної дози γ -випромінювання становлять 0,10–0,12 мкЗв/год, при цьому розрахункове стандартне відхилення не перевищує 0,02 мкЗв/год, що відповідає помірному рівню варіації показника. Виявлені міжрегіональні відмінності є статистично незначними та, ймовірно, зумовлені варіаціями геохімічного складу ґрунтів (вміст природних радіонуклідів) і особливостями землекористування.

Динаміка радіаційних показників у часі. Аналіз часових рядів даних (рис. 1) свідчить про відсутність стійких трендів до зростання радіаційного фону у межах досліджуваного періоду. Зафіксовані коливання носять сезонний та стохастичний характер і можуть бути пов'язані з метеорологічними умовами, особливостями атмосферного перенесення радіонуклідів та варіаціями природного фону.

Лінійні графіки часової динаміки демонструють, що амплітуда коливань потужності дози є обмеженою та не виходить за межі фонових значень, характерних для лісостепових екосистем. Це узгоджується з результатами інших радіоекологічних досліджень, у яких зазначається стабільність радіаційного стану територій, віддалених від зон радіаційного забруднення [3].

Для оцінки змін радіаційного фону в часі було проаналізовано багаторічні ряди моніторингових спостережень. Результати узагальнення часової мінливості потужності еквівалентної дози γ -випромінювання наведено в табл. 2, а їх графічне відображення представлено на рис. 1.

Таблиця 2

Часова мінливість потужності еквівалентної дози γ -випромінювання у лісостеповій зоні України

Рік	Мінімальне значення, мкЗв/год	Максимальне значення, мкЗв/год	Середнє значення, мкЗв/год
2015	0,09	0,15	0,12
2017	0,08	0,14	0,11
2019	0,08	0,15	0,11
2021	0,07	0,14	0,10
2023	0,08	0,14	0,11

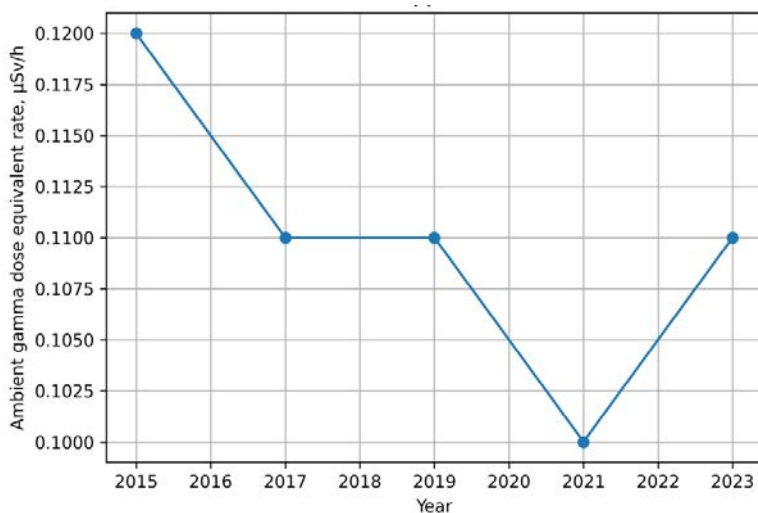


Рис. 1. Часова динаміка середніх значень потужності еквівалентної дози γ -випромінювання у лісостеповій зоні України

Згідно з даними матеріалами, у досліджуваній період не зафіксовано статистично значущого тренду до зростання радіаційних показників, що підтверджується

низькими значеннями коефіцієнта детермінації ($R^2 < 0,2$) у регресійних моделях. Спостережувані коливання мають нерегулярний характер і перебувають у межах природної варіабельності. Така динаміка узгоджується з сучасними уявленнями про стабільність радіаційного фону територій, віддалених від зон радіаційного забруднення [15, 11].

Просторове порівняння регіонів та моделювання тенденцій. Порівняльний аналіз регіонів лісостепової зони (рис. 2) показав, що між окремими адміністративними одиницями спостерігаються статистично незначні відмінності середніх значень радіаційних показників. Це свідчить про відносну однорідність радіаційного фону в межах досліджуваної природної зони.

На основі узагальнених даних було побудовано спрощені модельні залежності, які дозволяють оцінити можливу динаміку показників за умови збереження сучасних умов природокористування. Отримані модельні криві підтверджують стабільний характер радіаційної ситуації та можуть бути використані для прогнозних оцінок у системі екологічного моніторингу.

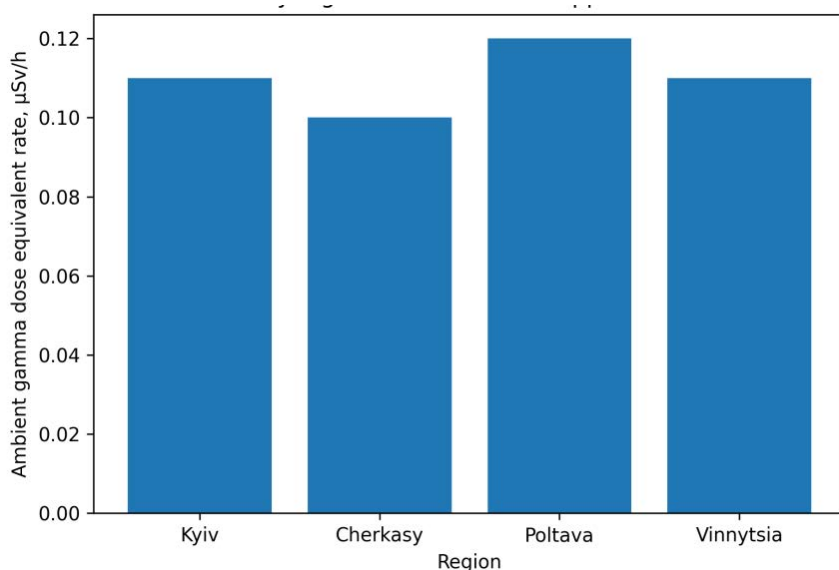


Рис. 2. Порівняльна діаграма середніх значень потужності дози γ -випромінювання за регіонами лісостепової зони

Порівняльну характеристику середніх значень потужності еквівалентної дози γ -випромінювання в окремих областях лісостепової зони наведено на рис. 2. Аналіз діаграми свідчить про відносну однорідність радіоекологічного стану території, що дає підстави розглядати лісостепову зону як цілісний об'єкт радіоекологічного моніторингу.

На основі узагальнених даних побудовано модель динаміки радіаційного фону, представлену на рис. 3. Отримана модель відображає стабільний характер змін радіаційних показників за умов збереження сучасних екологічних і господарських чинників та може бути використана для прогнозних оцінок і навчально-аналітичних цілей [4, 8].

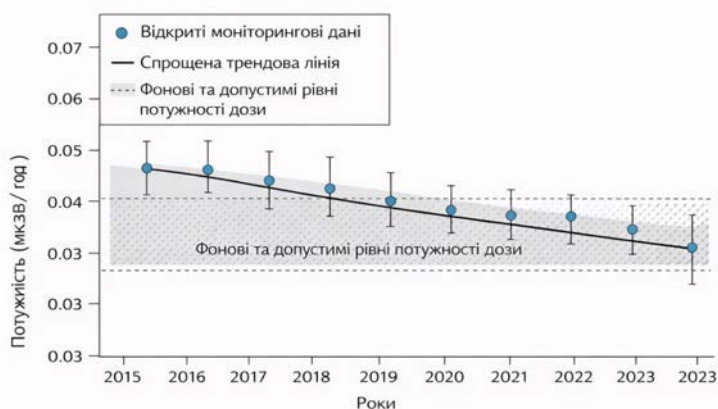


Рис. 3. Модель динаміки радіаційного фону в лісостепових екосистемах на основі відкритих моніторингових даних із зазначенням фонових і допустимих рівнів потужності дози

Радіоекологічна оцінка та нормування. Порівняння фактичних значень потужності еквівалентної дози γ -випромінювання з чинними нормативами радіаційної безпеки показало, що всі досліджувані показники суттєво нижчі за гранично допустимі рівні. Це свідчить про відсутність безпосередніх радіоекологічних ризиків для населення та компонентів довкілля у межах лісостепової зони.

У сфері екологічного нормування отримані результати можуть розглядатися як базовий фоновий рівень, який доцільно використовувати при оцінці змін радіаційної ситуації внаслідок надзвичайних подій або посилення антропогенного навантаження [1, 12].

Порівняння фактичних рівнів γ -випромінювання з нормативними значеннями радіаційної безпеки наведено в табл. 3. Аналіз показав, що всі зафіксовані значення є суттєво нижчими за гранично допустимі рівні, встановлені чинними нормативними документами.

Таблиця 3

Порівняння фактичних рівнів γ -випромінювання з нормативами радіаційної безпеки

Показник	Фактичні значення	Нормативне значення	Нормативний документ
Потужність еквівалентної дози γ -випромінювання	0,10–0,12 мкЗв/год	до 0,30 мкЗв/год	НРБУ-97
Природний фоновий рівень	відповідає	—	UNSCEAR

Такі рівні хронічного опромінення не досягають порогових значень хронічного опромінення для біоти (0,1–1 мГр/добу за ICRP), що свідчить про відсутність виражених радіобіологічних ефектів, здатних спричиняти виражені негативні ефекти для більшості груп біоти. Водночас отримані результати підтверджують доцільність постійного моніторингу з урахуванням принципу обережності та можливих сублетальних ефектів, особливо для чутливих видів і популяцій.

Радіобіологічні аспекти впливу на біорізноманіття. З урахуванням відомих радіобіологічних порогів чутливості живих організмів до хронічного опромінення малими дозами встановлено, що зафіксовані рівні іонізуючого випромінювання не досягають значень, здатних спричиняти виражені негативні біологічні ефекти у більшості груп біоти.

Разом з тим, результати підтверджують доцільність застосування принципу обережності, оскільки навіть низькі дози за умов тривалого впливу можуть мати сублетальні ефекти на чутливі види та популяції. Це підкреслює важливість поєднання радіоекологічного моніторингу з підходами до збереження біорізноманіття та екосистемної стійкості [6, 9].

Концептуальна схема, наведена на рис. 4, ілюструє практичну реалізацію інтегрованого радіоекологічного підходу до оцінювання впливу іонізуючого випромінювання на біорізноманіття лісостепових екосистем. Принцип інтегрованості реалізується через функціональне поєднання радіаційного моніторингу, аналізу даних, моделювання, екологічного нормування та радіобіологічної інтерпретації в межах єдиного циклічного алгоритму.



Рис. 4. Концептуальна схема інтегрованого радіоекологічного підходу до моніторингу, моделювання, нормування та радіобіологічної оцінки впливу іонізуючого випромінювання на біорізноманіття лісостепових екосистем

Радіобіологічна інтерпретація інтегрує результати радіоекологічної оцінки з урахуванням порогів біологічної чутливості різних груп біоти, що дозволяє оцінити можливі хронічні та сублетальні ефекти іонізуючого випромінювання. Завершальним етапом є формування науково обґрунтованих висновків щодо збереження біорізноманіття та прийняття ризик-орієнтованих управлінських рішень. Наявність зворотних зв'язків між оцінкою стану біорізноманіття та системою моніторингу підкреслює реалізацію принципу обережності й необхідність безперервного екологічного контролю, що забезпечує методологічну цілісність інтегрованого підходу.

Отримані результати демонструють, що використання відкритих моніторингових даних дозволяє здійснювати повноцінну радіоекологічну та радіобіологічну оцінку стану лісостепових екосистем. Поєднання моніторингу, моделювання та нормування створює методологічну основу для наукових досліджень і може бути ефективно використане у викладацькій діяльності з екології та екологічної безпеки.

Отримані результати узгоджуються з сучасними радіоекологічними дослідженнями, які вказують на відносну стабільність радіаційного фону поза межами зон радіаційного забруднення [5]. Водночас, на відміну від досліджень у Чорнобильській зоні, де спостерігаються виражені біологічні ефекти, у лісостепових екосистемах домінують природні чинники формування радіаційного фону.

Важливим є те, що навіть за умов низьких доз опромінення можливі хронічні ефекти, пов'язані зі змінами генетичної структури популяцій та фізіологічних процесів [2]. Це підкреслює необхідність застосування принципу обережності та розвитку інтегрованих підходів до оцінки екологічних ризиків.

Таким чином, результати дослідження підтверджують доцільність використання відкритих моніторингових даних як ефективного інструменту оцінки радіоекологічного стану територій, однак потребують подальшого поглиблення із застосуванням більш складних математичних моделей і геоінформаційних технологій.

Висновки. На основі аналізу відкритих моніторингових даних встановлено, що радіаційний фон лісостепової зони України характеризується відносною стабільністю та перебуває в межах природних фонових значень, притаманних рівнинним екосистемам помірного кліматичного поясу.

1. Встановлено, що середні значення потужності дози γ -випромінювання (0,10–0,12 мкЗв/год) є статистично стабільними ($CV < 20\%$) і не мають значущого тренду зростання ($R^2 < 0,2$), що свідчить про відсутність тенденції до погіршення радіаційного стану досліджуваної території.

2. Порівняльний аналіз радіаційних показників у межах окремих регіонів лісостепової зони засвідчив відносну однорідність радіоекологічного стану території, що підтверджує доцільність її розгляду як цілісного об'єкта радіоекологічного моніторингу.

3. Результати модельних оцінок свідчать про стабільний характер динаміки радіаційних показників за умов збереження сучасних природоохоронних і господарських практик, що дозволяє використовувати запропоновані підходи для прогнозних і навчально-аналітичних цілей.

4. Порівняння фактичних значень потужності дози з чинними нормативами радіаційної безпеки показало їх суттєво нижчий рівень від гранично допустимих значень, що вказує на відсутність безпосередніх радіоекологічних ризиків для біоти та населення досліджуваної території.

5. Встановлено, що зафіксовані рівні іонізуючого випромінювання не досягають порогових значень, здатних спричинити виражені негативні біологічні ефекти, однак підтверджують необхідність постійного моніторингу з метою збереження біорізноманіття та екосистемної стійкості.

6. Запропонований підхід до використання відкритих радіоекологічних даних, поєднання методів моніторингу, моделювання та нормування є ефективним інструментом для наукових досліджень і може бути рекомендований для впровадження у викладацьку практику з екології та екологічної безпеки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Aarkrog A. Past and recent trends in radioecology. *Environment International*. 1994. Vol. 20(5). P. 633–643. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0160412094900108> (дата звернення: 2.03.2026).
2. Belli M., Indovina L. The response of living organisms to low radiation environment and radiation hormesis. *Frontiers in Public Health*. 2020. Vol. 8. URL: <https://www.frontiersin.org/journals/public-health/articles/10.3389/fpubh.2020.601711/full> (дата звернення: 2.03.2026).
3. Bréchignac F., Barescut J.C. From human to environmental radioprotection: Some crucial issues worth considering. Vienna: IAEA, 2003. URL: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/CSP-17_web.pdf (дата звернення: 4.03.2026).
4. Bréchignac F., Oughton D., Mays C. et al. Addressing ecological effects of radiation on populations and ecosystems. *Journal of Environmental Radioactivity*.

2016. Vol. 158-159. P. 21-29. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0265931X16300832> (дата звернення: 16.03.2026).

5. Cannon G. Kiang J.G. A review of the impact on the ecosystem after ionizing irradiation: wildlife population. 2022. Vol. 98. P. 1054-1062. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09553002.2020.1793021> (дата звернення: 12.03.2026).

6. Car C., Quevarec L., Gilles A. et al. Evolutionary approach for pollution study: The case of ionizing radiation. *Environmental Pollution*. 2024. Vol. 349. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749124004068> (дата звернення: 14.03.2026).

7. Chorna V.I., Ananieva T.V. Radioecology of agricultural soils: monograph. Dnipro: Lira, 2022. 112 p.

8. Geras'kin S.A., Alexakhin R.M., Udalova A.A. Effects of ionizing radiation on populations and ecosystems. *Genetics, Evolution and Radiation*. 2016. P. 237–250. URL: https://www.researchgate.net/publication/315862102_Effects_of_Ionizing_Radiation_on_Populations_and_Ecosystems (дата звернення: 5.03.2026).

9. Environmental protection – the concept and use of reference animals and plants. ICRP Publication 108. *Annals of the ICRP*. 2008. URL: <https://www.icrp.org/publication.asp?id=icrp%20publication%20108> (дата звернення: 4.03.2026).

10. International Atomic Energy Agency (IAEA). Дані радіаційного моніторингу довкілля. URL: <https://www.iaea.org> (дата звернення: 11.03.2026).

11. International Atomic Energy Agency. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards. Vienna: IAEA, 2014. URL: <https://www.iaea.org/publications/8930/radiation-protection-and-safety-of-radiation-sources-international-basic-safety-standards> (дата звернення: 11.03.2026).

12. Livingston H.D., Povinec P.P. Anthropogenic marine radioactivity. *Ocean & Coastal Management*. 2000. Vol. 43. P. 689–712. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0964569100000545> (дата звернення: 11.03.2026).

13. Møller A.P., Mousseau T.A. Radioecology / Oxford Bibliographies. 2023. URL: <https://www.oxfordbibliographies.com/display/document/obo-9780199830060/obo-9780199830060-0229.xml> (дата звернення: 1.03.2026).

14. SaveEcoBot. Онлайн-платформа моніторингу стану довкілля (радіаційний фон). URL: <https://www.saveecobot.com> (дата звернення: 1.03.2026).

15. Sources, effects and risks of ion. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. *UNSCEAR 2024 Report to the General Assembly with Scientific Annexes*. Vol. II. Scientific Annex B. URL: https://www.unscear.org/unsear/uploads/documents/unsear-reports/UNSCEAR_2024_Report_Vol.II.pdf (дата звернення: 3.03.2026).

16. Державні гігієнічні нормативи допустимих рівнів іонізуючого випромінювання: НРБУ-97. Київ: МОЗ України, 1997.

17. Клименко М.О., Клименко О.М., Клименко Л.В. Радіоекологія: підруч. Рівне: НУВГП, 2020. 304 с.

18. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. Відкриті дані екологічного моніторингу : офіц. портал відкритих даних. URL: <https://data.gov.ua> (дата звернення: 11.03.2026).

19. Романчук Л.Д., Устименко В.І. Вплив лісових пожеж на лісові рослинні комплекси, забруднені радіонуклідами. *Радіобіологія та радіоекологія*. 2022. № 23, С. 195–206. URL: https://jnrae.kinr.kyiv.ua/23.3/Articles_PDF/jnrae-2022-23-0195-Romanchuk.pdf (дата звернення: 16.03.2026).

Дата першого надходження статті до видання: 06.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 633.88:581.524.13:631.95(477.4)

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.1.42>

АЛЕЛОПАТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ЛІКАРСЬКИХ РОСЛИН ТА ЙОГО РОЛЬ У РЕГУЛЮВАННІ СТАНУ АГРОФІТОЦЕНОЗІВ У ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Гнатюк Н.О. – к.б.н.,

доцент кафедри екології та безпеки життєдіяльності,

Уманський національний університет

orcid.org/0000-0002-4159-9924

Сорока Я.В. – аспірант кафедри екології та безпеки життєдіяльності,

Уманський національний університет України

orcid.org/0009-0001-8141-3821

У статті представлено результати комплексного дослідження аделопатичних властивостей культивованих лікарських рослин та їхнього впливу на формування стійких агрофітоценозів в умовах Лісостепу та Степу України. Актуальність роботи зумовлена стрімким розширенням площ під лікарськими культурами (коріандр, шавлія, лаванда, м'ята, валеріана тощо) та виникненням проблем ґрунтовтоми і зниження продуктивності при їх тривалому вирощуванні.

Автором проаналізовано природу рослинних екзометаболітів, які поділено на активні (гутація, ефірні масла, кутикулярні екскрети), пасиві (вимивання опадами) та посмертні (рештки відмерлих тканин). Встановлено, що сума цих виділень формує аделопатичний потенціал, який визначає рівень аделопатичної напруженості середовища. Особливу увагу приділено ідентифікації біологічно активних речовин (БАВ), зокрема терпеноїдів, алкалоїдів та фенольних сполук, які можуть як інгібувати, так і стимулювати життєві функції організмів у біогеоценозі.

Експериментально доведено, що фітотоксичність ефіроолійних культур (шавлії мускатної, лаванди справжньої) має чітку динаміку, залежну від фази онтогенезу та органа рослини. Найвища концентрація інгібіторів спостерігається у фазі цвітіння, причому леткі виділення суцвіть виявляють вищу активність порівняно з виділеннями листя та коріння. Досліджено механізм адсорбції терпенів ґрунтом, що призводить до набуття ним ліпофільного характеру та тривалої фітотоксичності, що є однією з головних причин неможливості вирощування певних культур у монокультурі понад 2–3 роки.

У роботі обґрунтовано технологічні рішення щодо оптимізації захисту посівів від бур'янів та фітопатогенів через призму аделопатичної взаємодії. Встановлено, що використання озимих зернових як попередників є оптимальним рішенням, оскільки вони проявляють високу толерантність до колінів лікарських рослин. Заслужує на увагу виявлений синергетичний ефект компонентів ефірних масел, що дозволяє навіть при низьких концентраціях окремих речовин досягати значного біологічного впливу на супутню мікрофлору та забур'яненість. Практичне значення мають рекомендації щодо видалення або спалювання рослинних залишків культур, багатих на лігнін, для запобігання хронічному отруєнню ґрунту.

Ключові слова: аделопатія, лікарські рослини, екзометаболіти, фітотоксичність, ефірні масла, ґрунтовтома, коліни, агрофітоценоз, шавлія мускатна, лаванда справжня, сівозмінна.

Hnatiuk N.O., Soroka Ya.V. Allelopathic potential of medicinal plants and its role in regulating the state of agrophytocenoses in the Forest-Steppe of Ukraine

This article presents the results of a comprehensive study of the allelopathic properties of cultivated medicinal plants and their impact on the formation of stable agrophytocenoses in the Forest-Steppe and Steppe regions of Ukraine. The relevance of this work stems from the rapid



© Гнатюк Н.О., Сорока Я.В., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

expansion of areas under medicinal crops (coriander, sage, lavender, mint, valerian, etc.) and the emergence of problems such as soil exhaustion and reduced productivity during their long-term cultivation.

The author analyzed the nature of plant exometabolites, which are divided into active (guttation, essential oils, cuticular excretions), passive (leached by precipitation), and post-mortem (remnants of dead tissues). It has been established that the sum of these secretions forms allelopathic potential, which determines the level of allelopathic stress in the environment. Particular attention was paid to the identification of biologically active substances (BAS), specifically terpenoids, alkaloids, and phenolic compounds, which can both inhibit and stimulate the vital functions of organisms in the biogeocenosis.

It has been experimentally demonstrated that the phytotoxicity of essential oil-bearing crops (clary sage, true lavender) exhibits distinct patterns that depend on the stage of ontogenesis and the plant organ. The highest concentration of inhibitors is observed during the flowering phase, with volatile emissions from inflorescences exhibiting higher activity compared to those from leaves and roots. The mechanism of soil adsorption of terpenes was investigated, which leads to the soil acquiring a lipophilic character and long-lasting phytotoxicity, which is one of the main reasons why certain crops cannot be grown in monoculture for more than 2–3 years.

The study substantiates technological solutions for optimizing crop protection against weeds and phytopathogens through the lens of allelopathic interactions. It was established that the use of winter cereals as preceding crops is an optimal solution, as they exhibit high tolerance to medicinal plant species. Noteworthy is the synergistic effect of essential oil components, which allows for a significant biological impact on the associated microflora and weed infestation even at low concentrations of individual substances. Recommendations regarding the removal or burning of plant residues from crops rich in lignin are of practical importance for preventing chronic soil contamination.

Key words: *allelopathy, medicinal plants, exometabolites, phytotoxicity, essential oils, soil fertility, knees, agrophytocenosis, clary sage, true lavender, crop rotation.*

Актуальність теми дослідження. В сучасних умовах розвитку сільського господарства особливого значення набуває диверсифікація рослинництва шляхом інтенсивного впровадження лікарських, ефіроолійних та пряно-смакових культур. Зростаючий попит на натуральну сировину для фармацевтичної, парфумерно-косметичної та харчової промисловості зумовлює розширення площ під такими цінними інтродуцентами, як шавлія мускатна, лаванда справжня, м'ята перцева, валеріана лікарська та інші. Україна, маючи потужний науково-виробничий потенціал, займає одне з провідних місць у світі за обсягами вирощування лікарської сировини, що має стратегічне значення для зміцнення економіки та експортного потенціалу держави. Проте, незважаючи на високу господарську цінність цих рослин, практика їх промислового обробітку стикається з низкою маловивчених негативних явищ. Зокрема, при тривалому вирощуванні лікарських культур у монокультурі спостерігається стійке зниження врожайності, зрідження посівів (інколи до 70–90% у шавлії), погіршення фітосанітарного стану та накопичення специфічних токсинів у ґрунті. Традиційні агротехнічні підходи часто не дають очікуваного ефекту, оскільки не враховують фундаментальний чинник біологічного стресу – аелопатичну взаємодію рослин. Наукова проблема полягає у необхідності глибокого вивчення аелопатичного потенціалу лікарських рослин, ідентифікації біологічно активних екзометаболітів (колінів, терпенів, алкалоїдів) та з'ясування їхньої ролі у формуванні ґрунтовтоми. Розуміння механізмів хімічної взаємодії в агрофітоценозах дозволить розробити ефективні технологічні рішення щодо оптимізації сівозмін, підбору толерантних культур-попередників та впровадження ресурсощадних методів захисту рослин. Таким чином, дослідження аелопатичних особливостей лікарських рослин є критично важливим для забезпечення стабільної продуктивності галузі та екологізації сучасного землеробства.

Постановка проблеми. В сучасних умовах розвитку сільського господарства особливого значення набуває розробка та впровадження високогумусних і біологічно стійких агрофітоценозів лікарських рослин. Проблема полягає в тому, що інтенсифікація вирощування цінних інтродуцентів (шавлії мускатної, лаванди справжньої, м'яти перцевої та ін.) супроводжується накопиченням у навколишньому середовищі специфічних біогенних виділень – колінів та ефірних масел, що мають високу фітотоксичну активність. Складна хімічна взаємодія між вищими рослинами та мікробіоценозом ґрунту часто призводить до виникнення алелопатичної напруженості, яка візуалізується через значне зрідження посівів, передчасне фізіологічне старіння багаторічних культур та зниження їхньої опірності до збудників фузаріозу, іржі та бактеріозів. Недостатня вивченість механізмів дії летких і водорозчинних екзометаболітів, а також відсутність чітких даних щодо алелопатичної толерантності лікарських рослин у монокультурі, унеможливають створення ефективних технологічних рішень щодо захисту рослин та оптимізації сівозмін у Лісостепу України. Це зумовлює необхідність ґрунтового аналізу алелопатичного потенціалу лікарських культур для стабілізації функціонування агроєкосистем.

Методика досліджень. Дослідження проводилися у динаміці за основними фазами вегетації (відростання, бутонізація, цвітіння) на промислових плантаціях шавлії мускатної (*Salvia sclarea* L.), лаванди вузьколистої (*Lavandula angustifolia* Mill.), м'яти перцевої (*Mentha piperita* L.), ромашки аптечної (*Matricaria chamomilla* L.) та інших лікарських культур у різних ґрунтово-кліматичних зонах України, зокрема на базі спеціалізованих господарств Запорізької, Львівської та Хмельницької областей. Об'єктами аналізу слугували різні органи рослин та зразки ризосферного і міжрядного ґрунту, а як контроль використовувалися ділянки поза зоною впливу агрофітоценозів [2, с. 146]. Лабораторна оцінка алелопатичної активності здійснювалася методом біопроб у чотирикратній повторності з використанням тест-об'єктів крес-салату (*Lepidium sativum* L.) та озимої пшениці (*Triticum aestivum* L.) сорту Безоста 1, де вивчався вплив водорозчинних, водно-спиртових витяжок та летких виділень на енергію проростання насіння.

Результати досліджень. Виділення біогенного характеру мають виключно важливе значення в хімічній взаємодії організмів на різних рівнях їх існування, починаючи з мікроскопічних істот і закінчуючи вищими рослинами. Вони можуть інгібувати або стимулювати життєво важливі функції (проростання спор, схожість насіння), справляючи вирішальний вплив на життя біогеоценозів та функціонування збалансованих процесів у біосфері [1]. У проблемі взаємодії організмів вищі рослини займають домінуюче місце через накопичення величезної біомаси та високу метаболічну здатність. Сума всіх виділень живих і мертвих органів складає алелопатичний потенціал, який створює відповідну напруженість середовища [3, с. 56]. Нами запропоновано всі типи виділень (активні, пасивні, посмертні) називати алелопатичними, незалежно від способу їх витягання.

Аналіз за Е. Райсом [9, с. 114] дозволив віднести алелопатичні агенти – інгібітори рослинного і мікробного походження – до 15 хімічних груп. Дані про хімічну природу основних груп сполук наведено у таблиці 1.

Систематизація алелопатично активних речовин за Е. Райсом дозволяє виділити 15 основних груп сполук, проте для ефіроолійних та лікарських культур Побужжя ключове значення мають перші п'ять категорій (табл. 1). Встановлено, що фітотоксичний ефект має комплексний характер: від прямої деструкції цитоплазматичних мембран під дією летких терпеноїдів до глибоких метаболічних порушень, спричинених фенольними інгібіторами.

Таблиця 1

Біохімічна характеристика та механізми дії основних груп алелопатичних агентів (за Е. Райсом із доповненнями)

№ з/п	Класифікація хімічних сполук	Діючі біохімічні агенти	Основні рослини-продуценти (донори)	Характер фітотоксичного впливу на тест-об'єкт
1	Терпеноїди (моно- та сесквітерпени)	Цинеол, камфора, ліналоол	<i>Salvia sclarea</i> L., <i>Lavandula</i> sp., <i>Mentha</i> sp.	Порушення проникності мембран, інгібування дихання
2	Фенольні сполуки (флавоноїди, кумарини)	Кверцетин, скополетин, таніни	<i>Matricaria chamomilla</i> L., <i>Scrophulariaceae</i>	Блокування мітотичного поділу клітин, окиснення ферментів
3	Органічні кислоти (жирні та ароматичні)	Ванілінова, ферулова, корична к-ти	<i>Valeriana officinalis</i> L., <i>Althaea</i> sp.	Зміна pH ризосфери, пригнічення поглинання іонів
4	Алкалоїди (азотовмісні сполуки)	Гіосциамін, атропін, берберин	<i>Hyoscyamus niger</i> L., <i>Atropa belladonna</i> L.	Дезорганізація синтезу білків та нуклеїнових кислот
5	Стероїди та сапоніни (глікозиди)	Гліциризин, дигітоксин	<i>Glycyrrhiza glabra</i> L., <i>Digitalis</i> sp.	

Особливий інтерес викликає здатність фенольних сполук (флавоноїдів) виступати в ролі природних регуляторів росту, які у високих концентраціях стають цитостатиками. Це теоретично обґрунтовує отримані нами дані щодо пригнічення меристематичної активності коренів пшениці озимої, що буде детально розглянуто в наступних розділах.

Важливим аспектом стало з'ясування детального механізму інгібування. Встановлено, що специфічні екзометаболіти діють як природні цитостатики: проникаючи через цитоплазматичні мембрани, вони дезорганізують роботу мітохондрій та блокують процеси окиснювального фосфорилування. Це призводить до критичного дефіциту АТФ, що, у свою чергу, зупиняє мітотичний поділ клітин у меристематичних тканинах кореня та точках росту проростка. Візуально це проявляється у гальмуванні видовження клітин та аномальному потовщенні кореневих кінчиків біотестів. Кількісна оцінка впливу різних фракцій виділень на енергію проростання пшениці озимої (за довжиною коренів та висотою колеоптиля) представлена у таблиці 2.

Дані таблиці 2 демонструють диференційований відгук тест-об'єкта на вплив різних типів екзометаболітів. Найбільш виражений депресивний ефект (81,8%) зафіксовано при експозиції проростків пшениці озимої (*Triticum aestivum* L.) у середовищі летких фракцій суцвіть *Salvia sclarea* L., що вказує на високу концентрацію алелопатично активних терпеноїдів у пароподібній фазі.

Характерно, що інгібування росту кореневої системи проростків у середньому на 5,8–7,4% перевищує відповідні показники для колеоптилів. Це підтверджує гіпотезу про первинну реакцію кореневої меристеми на контакт із фітотоксикантами. Мінімальну алелопатичну напруженість серед досліджуваних видів проявили екстракти *Valeriana officinalis* L. (41,9%), що корелює з класифікацією даного виду як аутоотолерантного. Отримані результати підтверджують необхідність

врахування специфічної фітотоксичності ефіроолійних культур при проектуванні агроландшафтів та схем ротації у сівозмінах.

Порівняльний аналіз морфометричних параметрів пшениці засвідчив, що коренева система виявилася більш чутливою до дії колінів, ніж колеоптиль. Зокрема, під впливом летких виділень шавлії мускатної ріст коренів пригнічувався на 6,3% інтенсивніше порівняно з колеоптилем. Така диференціація відгуку пояснюється безпосереднім контактом меристеми кореня з алелопатично активним субстратом (або адсорбованими на фільтрувальному папері токсинами). Водночас значне скорочення висоти колеоптиля (до 24,5–29,8% від контролю) свідчить про глибоке пригнічення енергії початкового росту, що в польових умовах призводить до нерівномірності сходів та зниження конкурентоспроможності агрофітоценозу.

Таблиця 2

**Алелопатична активність екзометаболітів лікарських рослин
(тест-об'єкт – пшениця озима *Triticum aestivum* L.)**

Біологічний об'єкт (рослина-донор)	Тип алелопатичного субстрату (екстрагент)	Інгібування росту кореневої системи, % до контролю	Інгібування росту колеоптиля, % до контролю	Інтегральний показник фітотоксичності, %
Контроль	Дистильована вода	100,0	100,0	0,0
Шавлія мускатна (<i>Salvia sclarea</i> L.)	Леткі фракції суцвіть (фітонциди)	18,2	24,5	81,8
Шавлія мускатна (<i>Salvia sclarea</i> L.)	Водна витяжка листової маси	42,5	48,1	57,5
Лаванда вузьколиста (<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.)	Леткі фракції квіток	22,4	29,8	77,6
М'ята перцева (<i>Mentha piperita</i> L.)	Водно-спиртовий екстракт пагонів	34,7	39,2	65,3
Валеріана лікарська (<i>Valeriana officinalis</i> L.)	Водна витяжка кореневищ	58,1	62,4	

З біогеохімічної точки зору, причиною системного інгібування є адсорбція ефірних масел ґрунтом, внаслідок чого він набуває ліпофільного характеру [5, с. 126]. Це створює гідрофобність мікроагрегатів, що блокує нормальний водно-повітряний обмін та активує накопичення патогенних грибів (*Fusarium*, *Verticillium*). Такі зміни провокують «алелопатичну петлю»: гідрофобність ґрунту сприяє консервації токсинів, які пригнічують корисну мікрофлору та виснажують життєвий потенціал проростків уже на етапі прокльовування насіння.

Сучасне рослинництво України має значний потенціал для вирощування лікарських та ефіроолійних культур, проте структура їх посівних площ за останні десятиліття зазнала суттєвих трансформацій. Традиційно стратегічними для галузі залишаються коріандр посівний, шавлія мускатна, лаванда вузьколиста та м'ята перцева. Проте при промисловому культивуванні ці види виявляють високу чутливість до

чинників екотопу, що призводить до стрімкої деградації плантацій. Наприклад, посіви ромашки аптечної та блекоти чорної демонструють ознаки пригнічення вже на 3-й рік монокультури, а посіви подорожника великого – після 2-х років вирощування.

З біогеохімічної точки зору, першопричиною цього явища є адсорбція ефірних масел ґрунтовими колоїдами, внаслідок чого субстрат набуває вираженого ліпофільного характеру [6, с. 116]. Гідрофобність ґрунтових мікроагрегатів блокує капілярний водно-повітряний обмін, що створює специфічну нішу для експансії патогенної мікрофлори. Нами встановлено, що на фоні алелопатичного стресу відбувається накопичення спеціалізованих збудників судинного в'янення та корневих гнилей, зокрема грибів *Fusarium oxysporum*, *Verticillium dahliae* та *Fusarium solani*. Ці мікроорганізми замикають «алелопатичну петлю»: їхні мікотоксини вступають у синергію з колінами рослин-донорів, консервуючи токсичний фон ґрунту та провокуючи хронічну ґрунтовому [7, с. 56].

Таблиця 3

Екологічна класифікація лікарських рослин за ступенем аутоотолерантності та деградації агрофітоценозів

Екологічна група за типом стратегії	Біологічні об'єкти (репрезентативні види)	Рекомендована експозиція в монокультурі, років	Провідний лімітуючий чинник та характер трансформації екотопу
Аутоотолерантні	<i>Valeriana officinalis</i> L., <i>Althaea officinalis</i> L.	4–6	Поступове виснаження пулу макроеlementів та мінерального складу ґрунту
Помірно толерантні	<i>Foeniculum vulgare</i> Mill., <i>Anisum vulgare</i> Gaertn.	3–4	Накопичення вузькоспеціалізованої патогенної мікрофлори в ризосфері
Аутоінтолерантні	<i>Salvia sclarea</i> L., <i>Mentha piperita</i> L., <i>Matricaria chamomilla</i> L.	1–2	Біогеохімічна ліпофільність субстрату, гостре самоотруєння колінами

Дані таблиці 3 ілюструють динаміку деградації штучних фітоценозів залежно від біологічних особливостей виду [11, с. 23]. Встановлено, що для аутоінтолерантних культур (*Salvia sclarea* L., *Mentha piperita* L.) провідним чинником зниження продуктивності є формування явища ґрунтовтоми, спричиненого порушенням біогеохімічного балансу.

На відміну від короткострокового інгібування (табл. 2), у багаторічній культурі спостерігається ефект кумулятивної токсичності. Адсорбовані ґрунтом ефірні масла надають йому стійкого ліпофільного характеру, що призводить до консервації екзо-метаболітів. Це провокує розвиток специфічного самоотруєння, при якому хронічний алелопатичний стрес стимулює рослини до посиленого синтезу БАВ (зокрема, флавоноїдних сполук у представників *Scrophulariaceae* – на 0,1–0,3% понад норму). Такий зворотний зв'язок замикає циклічний процес деградації середовища, що робить неможливим ефективне вирощування цих культур без ротації у сівозміні.

Натомість аутоотолерантні види (*Valeriana officinalis* L.) демонструють здатність до тривалого функціонування (до 6 років), оскільки їхні метаболіти не спричиняють глибокої фізико-хімічної трансформації екотопу, а лімітування росту відбувається переважно через природне виснаження запасів поживних речовин

Висновки: 1. Встановлено, що алелопатичний потенціал лікарських рослин формується комплексом екзометаболітів, серед яких домінуючу роль відіграють терпеноїди, фенольні сполуки та алкалоїди. Найвищу фітотоксичну активність виявлено у легких фракцій судів *Salvia sclarea* L. та *Lavandula angustifolia* Mill., які інгібують ріст тест-об'єктів на 77,6–81,8% від контролю.

Доведено, що механізм алелопатичного інгібування має цитостатичний характер. Специфічні компоненти виділень блокують процеси окиснювального фосфорильовання в мітохондріях, що спричиняє дефіцит АТФ та зупиняє мітотичний поділ клітин у меристематичних тканинах. Коренева система пшениці озимої виявляє вищу сенситивність до токсинів (інгібування на 5,8–7,4% інтенсивніше), ніж колеоптіль, що підтверджує первинність контактного стресу.

Обґрунтовано біогеохімічну природу ґрунтовими: адсорбція ліпідних фракцій екзометаболітів ґрунтовими колоїдами надає субстрату ліпофільного характеру, порушуючи капілярний водно-повітряний обмін. Це сприяє експансії патогенних мікроміцетів *Fusarium oxysporum* та *Verticillium dahliae*, які в синергії з рослинними колінами формують «алелопатичну петлю» самоотруєння агрофітоценозу.

На основі розробленої класифікації за ступенем аутоотолерантності встановлено, що *Valeriana officinalis* L. придатна для тривалого вирощування (до 6 років), тоді як *Salvia sclarea* L. та *Mentha piperita* L. потребують обов'язкової ротації у сівозміні вже після 1–2 років вегетації для детоксикації агроландшафту.

Перспективи подальших досліджень. Подальша наукова робота буде спрямована на вивчення мікробіологічних методів детоксикації ґрунтів із високим ступенем ліпофільності шляхом підбору специфічних штамів-деструкторів ефірних масел. Окрему увагу планується приділити розробці адаптивних схем сівозмін у межах агроландшафтів Середнього Побужжя, які б дозволили мінімізувати алелопатичну напруженість без втрати фармакологічної якості сировини інтродукованих видів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Гродзінський А. М. Алелопатія в житті рослин і їх угруповань. Київ : Наукова думка, 1965. 200 с.
2. Гродзінський А. М. Основи хімічної взаємодії рослин. Київ : Наукова думка, 1973. 204 с.
3. Гнатюк Н. О. Просторово-часові зміни агроландшафтів та алелопатична напруженість Середнього Побужжя. Наукові доповіді НУБіП України. 2024. Т. 15, № 2. URL: <http://journals.nubip.edu.ua/> (дата звернення: 26.03.2026).
4. Ільєнко А. А. Алелопатичні та біохімічні особливості деяких видів родини ранникових (*Scrophulariaceae* Juss.) в умовах культури. Український ботанічний журнал. 1983. Т. 40, № 6. С. 34–38.
5. Костишина П. П., Бойко Н. П. Алелопатичний потенціал ефіроолійних культур та його вплив на мікробіоту ґрунту. Агроекологічний журнал. 2019. № 3. С. 45–51.
6. Якубенко Б. Є., Григорюк І. П. Біогеохімічні аспекти трансформації агроландшафтів у зоні Лісостепу. Вісник ХНАУ. 2021. Вип. 2. С. 12–19.
7. Latif S., Chiapusio G., Weston L. A. Allelopathy and the role of secondary metabolites in agriculture. *Metabolites*. 2022. Vol. 12, No. 10. P. 979. DOI: 10.3390/metabo12100979.
8. Li Y., Wu Z., Liu S. Soil sickness in tea (*Camellia sinensis* L.) plantations is associated with a reduction in soil microbial diversity and an accumulation of *Fusarium oxysporum*. *Microorganisms*. 2023. Vol. 11, No. 3. P. 654. DOI: 10.3390/microorganisms11030654.
9. Rice E. L. *Allelopathy*. 2nd ed. Orlando : Academic Press, 1984. 422 p.
10. Scavo A., Mauromicale G. Role of allelopathy in weed management for sustainable agriculture. A review. *Agronomy for Sustainable Development*. 2021. Vol. 41, No. 7. DOI: 10.1007/s13593-021-00665-w.
11. Zulfikar F., Casadesús A., Munné-Bosch S. Lipophilic antioxidants and soil hydrophobicity: a review of chemical interactions in the rhizosphere. *Journal of Experimental Botany*. 2020. Vol. 71, No. 14. P. 3900–3912. DOI: 10.1093/jxb/eraa161.

Дата першого надходження статті до видання: 01.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 504.53:631.4:623.451

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.1.43>

РИЗИК-ОРІЄНТОВАНИЙ ПІДХІД ДО ВИЗНАЧЕННЯ ПОРОГОВИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ ВИБУХОВИХ РЕЧОВИН У ҐРУНТАХ (НА ПРИКЛАДІ 2,4,6-ТРИНІТРОТОЛУЕНУ) ТА МОЖЛИВОСТІ ЙОГО ЗАСТОСУВАННЯ В УКРАЇНІ

Дудар В.В. – аспірант кафедри екології, хімії та хімічної технології,
Національний університет «Київський авіаційний інститут»
orcid.org/0009-0006-9677-9531

У статті розглянуто можливість застосування ризик-орієнтованого підходу до визначення граничних (порогових) концентрацій вибухових речовин у ґрунтах у контексті масштабного забруднення території України в наслідок ведення військових (бойових) бойових дій. Показано, що у більшості держав світу відсутні універсальні нормативні значення для вибухових речовин у ґрунтах, а оцінка екологічних ризиків здійснюється шляхом адаптації міжнародних методик, насамперед підходів Агентства з охорони навколишнього середовища США (United States Environmental Protection Agency, USEPA). Найбільш поширеним інструментом у цій сфері є система Regional Screening Levels (RSL), що базується на ризик-орієнтованій методології та враховує різні сценарії землекористування і основні шляхи експозиції людини.

У роботі наведено приклад застосування цього підходу шляхом покрокового розрахунку скринінгового рівня для 2,4,6-тринітротолуєну (тротилу), який використано як демонстраційний приклад однієї з найбільш поширених вибухових речовин, що виявляються у ґрунтах територій, забруднених вибухонебезпечними предметами. Розрахунок виконано на основі стандартних параметрів експозиції та токсикологічних показників USEPA. Отримане узагальнене значення для житлового сценарію становить близько 21 мг/кг і відповідає порядку величин, наведених у системі RSL.

Показано, що ризик-орієнтована розрахункова методологія може використовуватися як універсальна основа для визначення орієнтованих порогових концентрацій різних вибухових речовин. Водночас її пряме застосування в Україні потребує адаптації з урахуванням специфіки сільськогосподарського землекористування та можливих шляхів надходження забруднювачів у харчовий ланцюг.

Ключові слова: вибухові речовини; забруднення ґрунтів; екологічні ризики; ризик-орієнтований підхід; забруднення довкілля в наслідок бойових дій; оцінка екологічних ризиків; вибухонебезпечні предмети.

Dudar Vladyslav, Risk-based approach to determining threshold concentrations of explosive substances in soils (using 2,4,6-trinitrotoluene as an example) and the possibilities of its application in Ukraine

The article examines the possibility of applying a risk-based approach to determining limit (threshold) concentrations of explosive substances in soils in the context of large-scale contamination of the territory of Ukraine resulting from military (combat) activities. It is shown that in most countries of the world there are no universal regulatory values for explosive substances in soils, and environmental risk assessment is carried out through the adaptation of international methodologies, primarily the approaches of the United States Environmental Protection Agency (USEPA). One of the most widely used tools in this field is the Regional Screening Levels (RSL) system, which is based on a risk-oriented methodology and takes into account different land-use scenarios and the main pathways of human exposure.

The paper presents an example of applying this approach through a step-by-step calculation of a screening level for 2,4,6-trinitrotoluene (TNT), which is used as a demonstrative example



© Дудра В.В., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

of one of the most common explosive substances detected in soils of areas contaminated with explosive remnants of war. The calculation was carried out on the basis of standard exposure parameters and toxicological indicators developed by USEPA. The obtained generalized value for the residential scenario is approximately 21 mg/kg and corresponds to the order of magnitude presented in the RSL system.

It is shown that the risk-based computational methodology can be used as a universal basis for determining indicative threshold concentrations of various explosive substances. At the same time, its direct application in Ukraine requires adaptation taking into account the specifics of agricultural land use and possible pathways of contaminant transfer into the food chain.

Key words: *explosive substances; soil contamination; environmental risks; risk-based approach; military (combat) environmental contamination; environmental risk assessment; explosive remnants of war.*

Актуальність теми дослідження. Повномасштабне вторгнення російської федерації в Україну стало найбільшою та найсмертоноснішою війною в Європі з часів Другої світової війни. Унаслідок збройної агресії територія України перетворилася на одну з найбільш забруднених вибухонебезпечними предметами (ВНП) держав у світі. За оцінками Секретаріату Національного органу з питань протимінної діяльності, площа імовірно забруднених територій становить близько 137 тис. км², що є співставним із площею Греції.

Під час детонації різних типів боєприпасів перетворення вибухових речовин у продукти вибуху не є миттєвим і абсолютно повним. Частина вибухових речовин може залишатися у навколишньому середовищі у вигляді нездетонованих залишків, а також продуктів їх дефлагації та трансформації. Відповідно до міжнародних стандартів з протимінної діяльності, таке забруднення класифікується як залишкове, оскільки воно може становити екологічну та токсикологічну небезпеку навіть після завершення процесу вивільнення земель (land release).

Особлива гострота цієї проблеми зумовлена тим, що практично всі сучасні вибухові речовини (зокрема нітроароматичні сполуки, такі як тротил, або нітраміни, такі як гексоген чи октаген) і вторинні продукти їх розпаду є високотоксичними ксенобіотиками. За рівнем своєї екотоксикологічної небезпеки та характером ураження живих організмів вони фактично співставні з бойовими отруйними речовинами. Не випадково у міжнародній системі класифікації та управління безпековими ризиками їх об'єднано в єдину категорію комплексних загроз CBRNE (Chemical, Biological, Radiological, Nuclear, and Explosives), що підкреслює їхній подвійний характер не лише як джерела фізичної (руйнівної) дії, але й як потужного хімічного забруднювача. Потрапляючи у довкілля, ці сполуки виявляють високу стійкість до біологічного розкладання, здатні мігрувати з ґрунтовими водами та активно транслокуватися у тканини рослин. Це створює пряму загрозу їхньої біоаккумуляції та подальшого безперешкодного переходу в багатоступеневі трофічні ланцюги (за системою “ґрунт – сільськогосподарська культура/тварина – людина”), що загрожує незворотними канцерогенними, мутагенними та системними токсичними наслідками для здоров'я населення.

Основна проблема полягає в тому, що в Україні наразі відсутня комплексна система управління ризиками, пов'язаними із цим специфічним типом хімічного забруднення. Водночас пунктом 12 частини першої статті 1 Закону України “Про протимінну діяльність в Україні” чітко визначено, що протимінна діяльність охоплює заходи, спрямовані, зокрема, на зменшення соціального, економічного та екологічного впливу вибухонебезпечних предметів на життя і діяльність населення.

Варто зазначити, що робота з вивчення проблем залишкового забруднення вже здійснюється як міжнародними та неурядовими, так і державними організаціями.

Операційним планом заходів з реалізації у 2024–2026 роках Національної стратегії протимінної діяльності на період до 2033 року (затвердженим розпорядженням Кабінету Міністрів України від 28 червня 2024 року № 616-р) визначено завдання 10 щодо зменшення впливу забруднення ВНП на навколишнє природне середовище та управління відповідними ризиками. На виконання цих положень (відповідно до пункту 7 протоколу засідання Національного органу з питань протимінної діяльності від 6 червня 2024 року) Міністерство оборони України впроваджує заходи з інструментально-лабораторного контролю земель сільськогосподарського призначення, забруднених вибуховими речовинами, у межах контролю якості розмінування. Водночас профільними міністерствами створено координаційну групу з оцінки відповідних ризиків, одним із практичних результатів роботи якої стало ухвалення постанови Кабінету Міністрів України від 14 липня 2025 року № 844 “Про затвердження Порядку відбору проб ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення, очищених від вибухонебезпечних предметів”. Крім того, проводяться роботи зі створення системи вилучення та консервації забруднених земель.

Разом із тим залишається невирішеним ключовий проблемний аспект, а саме відсутність чітко визначених критеріїв та нормативів оцінки залишкового забруднення вибухонебезпечних предметів, зокрема гранично допустимих концентрацій (ГДК) вибухових речовин у ґрунтах. У результаті наявні методики відбору проб ґрунтів не підкріплені нормативними критеріями для належного оцінювання отриманих результатів (показово, що навіть у російській федерації відповідні нормативи були запроваджені ще у 2021 році). Відсутність таких норм унеможливорює однозначне визначення ступеня забруднення земельних ділянок та створює правовий вакуум щодо застосування заходів із визначення ступеня придатності земель до господарського використання після завершення протимінної діяльності.

Цей нормативний вакуум генерує не лише екологічні та санітарні, але й суттєві репутаційні та економічні ризики, що може використовуватися як інструмент тиску на нашу державу. Саме на цьому тлі в деяких сучасних публікаціях і медіа-просторі з’являються маніпулятивні твердження про те, що всі без винятку території, які зазнали впливу бойових дій, є апріорі токсичними та повністю непридатними для ведення господарської діяльності (а отже, потребують консервації), а вся вирощена на них сільськогосподарська продукція є небезпечною. Такі твердження є об’єктивно хибними. Рівень і характер залишкового забруднення є вкрай нерівномірним (гетерогенним) і залежить від інтенсивності та типу застосованих боеприпасів на конкретній локації. Для прикладу, понад 37 тис. км² території України, де велися бойові дії, наразі визначено як вивільнені землі, або ж за результатами нетехнічного обстеження на них не виявлено будь-яких ознак забруднення ВНП. Проте через відсутність затверджених граничних показників безпечного вмісту вибухових речовин аргументовано та юридично довести зворотне, тобто підтвердити екологічну безпечність очищеної ділянки для сільськогосподарського виробництва надзвичайно важко.

Постановка проблеми. Нормування забруднення вибуховими речовинами запроваджене лише в обмеженій кількості держав, що пояснюється специфікою самих цих сполук та умовами їх появи у довкіллі. На відміну від більшості промислових чи сільськогосподарських забруднювачів, вибухові речовини практично не мають природного фонового рівня, оскільки в нормальних умовах їх концентрації повинні дорівнювати нулю. Вони майже не використовуються у цивільній сфері, а їх присутність у ґрунтах і водах, як правило, пов’язана виключно з військовою діяльністю або окремими надзвичайними ситуаціями техногенного характеру.

З огляду на безпрецедентні масштаби, тривалість та інтенсивність бойових дій, запровадження системи нормування забруднення вибуховими речовинами є для України критично необхідним кроком. Однак тут виникає фундаментальна суперечність. Основний акцент проблеми полягає в тому, що чинні в Україні екологічні та санітарні нормативи якості ґрунтів неможливо використати для оцінки наслідків бойових дій. Національна нормативна база історично формувалася для умов мирного часу та орієнтована на контроль традиційних агрохімікатів, пестицидів або промислових забруднювачів. Вона абсолютно не адаптована до специфіки військового впливу і просто не містить затверджених гранично допустимих концентрацій для специфічних полютантів сучасної війни, а саме вибухових речовин та продуктів їх дефлаґації.

Водночас в умовах активної фази війни розробка повноцінних власних нормативів з нуля, побудованих виключно на національній доказовій базі, є об'єктивно неможливою. Формування науково відтворюваних та юридично захищених стандартів вимагає проведення багаторічних експериментів, але цей процес стикається з низкою нездоланих на даному етапі бар'єрів:

1. Безпекі та територіальні обмеження. Проведення репрезентативних довгострокових польових досліджень просто неба критично ускладнюється мінно-вибуховою загрозою, постійною небезпекою застосування ударних і розвідувальних безпілотних літальних апаратів. Крім того, значний масив найбільш забруднених земель наразі перебуває в зоні активних бойових дій або під тимчасовою окупацією, що унеможливорює безпечний доступ науковців до цих локацій. Навіть військово-навчальні полігони, де відносно у тилу буде наявний даним тип забруднення, матиме обмежений доступ у зв'язку із безпосереднім впливом на національну безпеку держави та необхідності постійної підготовки бойових підрозділів та особового складу.

2. Відсутність фундаментальної бази та фокус вітчизняної науки. В Україні відсутні системні багаторічні токсикологічні та екотоксикологічні дослідження впливу широкого спектра вибухових речовин на специфічні українські ґрунти та агроценози. Більше того, значна частина сучасних вітчизняних досліджень досі зосереджена переважно на проблемах деградації ґрунтів або їх забрудненні важкими металами, яких у вибухонебезпечних предметах (крім спеціальних боєприпасів) фактично відсутні. Ігнорування того факту, що ключовим хімічним агентом від застосування вибухонебезпечних предметів є саме вибухові речовини, свідчить про певне нерозуміння специфіки наслідків сучасних бойових дій у деяких наукових колах.

3. Складність та вартість аналітики. Аналітичні дослідження вибухових речовин є надзвичайно складними та дороговартісними. Вони потребують попередньої ідентифікації типу забруднення з подальшим цільовим аналізом як вихідних сполук, так і продуктів їх трансформації. В Україні відчувається гострий дефіцит спеціалізованої лабораторної інфраструктури, технічно спроможної проводити масовий високоточний скринінг таких сполук у ґрунтах.

4. Гетерогенність військового забруднення. Надзвичайно висока просторово-часова варіабельність забруднення є ще одним обмежувальним фактором. На одній ділянці можуть поєднуватися залишки різних типів штатних боєприпасів, саморобних вибухових пристроїв, використання неза заводських вибухових сумішей (широко застосовуваних у безпілотних системах), а також постійно утворюватися нові вторинні метаболіти. Це унеможливорює швидке формування єдиних універсальних значень, а поспішна розробка норм призведе до їх надмірного спрощення і неефективності, або ж, навпаки, до невиправданої жорсткості.

Розв'язання проблеми оцінки екологічних ризиків потребує пошуку альтернативних шляхів, зокрема залучення та адаптації вже існуючих міжнародних розрахункових моделей, які здатні компенсувати національний нормативний вакуум в умовах обмеженості проведення повномасштабних досліджень.

Методика досліджень (Матеріали та методи досліджень). Практика використання та адаптації зовнішніх нормативів для оцінки забруднення вибуховими речовинами є поширеною серед держав, які не мають власних уніфікованих стандартів у цій сфері або стикаються з таким забрудненням епізодично. Так, Китайська Народна Республіка офіційно застосовує та адаптує методики Агентства з охорони навколишнього середовища США (US EPA) як технічну основу при визначенні цілей рекультиватії та оцінці екологічних ризиків, що закріплено через інституційне співробітництво між US EPA та Міністерством екології та навколишнього середовища КНР. У практиці китайських лабораторій широко використовуються або адаптуються EPA-методи, зокрема для визначення тротилу та гексогену в ґрунтах і воді [1, 282].

Аналогічний підхід застосовується у В'єтнамі, де US EPA з 2014 року бере участь у технічних обмінах з Міністерством природних ресурсів і довкілля (MONRE), сприяючи формуванню екологічного законодавства після наслідків В'єтнамської війни, при цьому паралельно вивчаються й німецькі регуляторні підходи [2, 1-3]. У Великій Британії відсутні загальнонаціональні нормативні значення для вибухових речовин у ґрунтах, проте у випадках їх виявлення застосовуються практично орієнтовані порогові значення та підходи *site-specific risk assessment* із використанням рекомендацій US EPA [3, 10-12].

Аналітичні методи EPA, зокрема Method 8330, широко використовуються в адаптованому вигляді у державних і наукових лабораторіях. Подібна логіка простежується і у Франції, де на момент підготовки цієї роботи відсутні обов'язкові національні граничні концентрації для вибухових речовин у ґрунтах. Управління забрудненими ділянками здійснюється на основі методології BRGM та INERIS із використанням токсикологічних орієнтирів ANSES, при цьому у дослідженнях та оцінках ризику прямо застосовуються довідкові значення US EPA та Health Canada [4, 9-15].

У Малайзії під час розроблення національних рівнів скринінгу забруднених земель також було використано підхід US EPA Regional Screening Levels (RSL) як базу для формування практичної системи управління ризиками. Сукупно наведені приклади свідчать про те, що відсутність власних нормативів для вибухових речовин у багатьох країнах компенсується цілеспрямованим використанням та адаптацією американських і міжнародних методик, що є визнаною та прийнятною практикою в умовах рідкісного, але потенційно небезпечного характеру такого забруднення [5, 6-10, 16-18].

Спираючись на наведений міжнародний досвід, базовою платформою для нашого дослідження та проведення *risk-based* оцінки забруднення сільськогосподарських ґрунтів 2,4,6-тринітролуолом в Україні було обрано виключно методологію US EPA. Оцінка ризиків та обґрунтування нормативних рівнів проводилися у три взаємопов'язані етапи:

Оцінка методів США: На цьому етапі було здійснено глибокий теоретичний та методологічний аналіз інструментарію Агентства з охорони довкілля США (US EPA). Основна увага приділялася вивченню принципів формування регіональних скринінгових рівнів (Regional Screening Levels — RSL). Оцінювалися базові алгоритми та концептуальні підходи, які US EPA використовує для визначення безпечних меж токсикантів у ґрунті. Досліджувалися токсикологічні профілі

2,4,6-тринітротолуолу, закладені в американську модель, з метою визначення меж застосовності цієї методики та її потенціалу для використання поза початковим регуляторним полем Сполучених Штатів.

Розрахунок: Базуючись на верифікованій методології US EPA, було проведено серію цільових математичних розрахунків. Використовуючи американські формули оцінки ризиків як фундаментальну основу, здійснювалося моделювання допустимих концентрацій ТНТ. Цей етап передбачав підстановку специфічних значень у розрахункові рівняння US EPA для отримання первинних масивів числових даних, які відображають теоретично допустимі межі забруднення ґрунту цією вибуховою речовиною.

Аналіз: Отримані в результаті математичного моделювання первинні розрахункові дані підлягали критичному науковому аналізу. Головним завданням цього етапу була перевірка валідності розрахованих показників та оцінка їхньої фактичної придатності для впровадження саме в аграрному секторі. Досліджувалося, наскільки отримані значення корелюють із реальними практиками використання земель сільськогосподарського призначення, враховуючи масштаби вирощування товарних культур, особливості сівозміни та принципи функціонування агропромислового комплексу.

Адаптація: Заключний етап дослідження полягав у безпосередній цільовій адаптації американської методології та первинних розрахункових показників до специфічних умов України. Здійснювалося калібрування моделі з урахуванням національних особливостей землекористування та ґрунтово-кліматичних параметрів. Кінцевим результатом цього процесу стало наукове обґрунтування власних, спеціалізованих нормативних рівнів вмісту ТНТ, які є екологічно безпечними, економічно доцільними та практично застосовними для сільськогосподарських земель України в умовах їх повосного відновлення.

Результати досліджень. RSL є скринінговими рівнями, призначеними для первинної оцінки забруднення та визначення необхідності подальшої детальної оцінки ризиків, а не нормативами очищення або обов'язковими граничними значеннями. RSL розраховуються окремо для різних сценаріїв землекористування, зокрема residential (житлова територія) та industrial/commercial (промислова/комерційна територія), і враховують основні шляхи експозиції: інгаляційний, пероральний (заковтування ґрунту) та дермальний контакт. Принциповою особливістю є те, що ці рівні відображають допустимий рівень ризику для людини (канцерогенний та неканцерогенний), а перевищення RSL означає потребу у site-specific risk assessment, а не автоматичну санацію (консервацію).

У США значення RSL визначаються розрахунковим шляхом на основі стандартних (default) параметрів експозиції, токсикологічних показників та заданих рівнів допустимого ризику. Для наочності застосування зазначеного підходу нижче наведено приклад розрахунку для тротилу (2,4,6-тринітротолуену), який є однією з найбільш поширених вибухових речовин, що використовуються у боеприпасах та найчастіше виявляється у ґрунтах на територіях, забруднених вибухонебезпечними предметами. Варто зазначити, що розрахунок проводився автором повністю вручну. Це зумовлено тим, що деталізовані розгорнуті формули та покрокові алгоритми розрахунку інтегральних показників у відкритому доступі є недоступними або приховані в автоматизованих калькуляторах із закритим кодом, що вимагає самостійного виведення та обчислення кожного параметра на основі базових рівнянь. Це дозволить чітко зрозуміти основну логіку визначення параметрів забруднення у США.

У підході розрахунків U.S. Environmental Protection Agency (EPA) Total risk/ Total exposure для ґрунту розраховується як гармонічна сума (harmonic combination, прямий переклад) трьох незалежних шляхів впливу:

- ingestion (пероральне надходження з ґрунту),
- inhalation (інгаляція пилу та випаровування),
- dermal (контакт зі шкірою).

$$SL_{\text{res-sol-totc}}(mg/kg) = \frac{1}{\frac{1}{SL_{\text{res-sol-ingc}}} + \frac{1}{SL_{\text{res-sol-inhc}}} + \frac{1}{SL_{\text{res-sol-derc}}}}$$

1. Ingestion (Cancer). Для його визначення для resident soil EPA пропонує наступну формулу (спрощено):

$$SL_{\text{res-sol-ingc}} = \frac{TR \times (365 \text{ days/yr}) \times LT(70 \text{ yrs})}{CSF_o \times (10^{-6} \text{ kg/mg}) \times RBA \times IFS_{\text{res-adj}}}, \text{ де}$$

- TR (Target Risk/Цільовий канцерогенний ризик) – допустимий індивідуальний ризик розвитку раку протягом життя. Для тротилу становить 1×10^{-6} (EPA Regional Screening Levels (RSL);

- 365 days/yr (днів на рік/days per year) – коефіцієнт перерахунку добового надходження речовини у річний еквівалент. Застосовується значення 365 днів/рік (EPA Regional Screening Levels (RSL), User's Guide);

- LT (Lifetime/Тривалість життя) – період усереднення канцерогенного ризику для оцінки впливу протягом усього життя. Приймається 70 років (EPA Regional Screening Levels (RSL); Risk Assessment Guidance for Superfund, RAGS);

- CSF_o (Oral Cancer Slope Factor/Коефіцієнт канцерогенного ризику при пероральному надходженні) – показник залежності між дозою речовини та ймовірністю розвитку раку при пероральному надходженні. Для тротилу становить $3,00 \times 10^{-2} (\text{мг/кг} \cdot \text{добу})^{-1}$ (EPA Regional Screening Levels (RSL) Summary Table, Nov 2024; джерело токсикологічних даних EPA IRIS).

- 10^{-6} kg/mg (перехідний коефіцієнт) – коефіцієнт перетворення міліграмів у кілограми для узгодження одиниць вимірювання у формулі. Для тротилу використовується без змін (EPA Regional Screening Levels (RSL), User's Guide).

- RBA (Relative Bioavailability/Відносна біодоступність) – частка речовини з ґрунту, що фактично надходить в організм порівняно з еталонною формою. Для тротилу приймається $RBA = 1$ за відсутності site-specific даних (EPA Regional Screening Levels (RSL), User's Guide).

- $IFS_{\text{res-adj}}$ (Age-adjusted Ingestion Factor/Віково-скоригований фактор заковтування ґрунту) – інтегральний показник перорального надходження ґрунту з урахуванням експозиції в дитячому та дорослому віці. Для тротилу становить $36\,750 \text{ мг/кг}$ (EPA Regional Screening Levels (RSL), age-adjusted ingestion factor equation з використанням стандартних residential дефолтів EF, ED, IRS та BW). Вона рахується за формулою:

$$IFS_{\text{res-adj}} = \left(\frac{EF_c \times ED_c \times IRS_c}{BW_c} \right) + \left(\frac{EF_a \times ED_a \times IRS_a}{BW_a} \right), \text{ де}$$

- EF_c (Exposure Frequency, child/Частота експозиції, дитина) – кількість днів на рік, протягом яких дитина зазнає контакту із забрудненим ґрунтом. Приймається 350 днів/рік (EPA Regional Screening Levels (RSL), User's Guide; стандартне residential значення).

- EDC (Exposure Duration, child/Тривалість експозиції, дитина) – період часу, протягом якого дитина зазнає впливу забрудненого ґрунту. Приймається 6 років (EPA Regional Screening Levels (RSL), User's Guide; residential child exposure duration).

- IRSc (Soil Ingestion Rate, child/Швидкість заковтування ґрунту, дитина) – середня кількість ґрунту, що випадково заковтується дитиною за добу. Приймається 200 мг/добу (EPA Regional Screening Levels (RSL), User's Guide; стандартне значення для дітей).

- BWc (Body Weight, child/Маса тіла, дитина) – середня маса тіла дитини, що використовується для нормалізації дози. Приймається 15 кг (EPA Regional Screening Levels (RSL), User's Guide; residential default).

- EFa (Exposure Frequency, adult/Частота експозиції, дорослий) – кількість днів на рік, протягом яких доросла людина контактує із забрудненим ґрунтом. Приймається 350 днів/рік (EPA Regional Screening Levels (RSL), User's Guide; стандартне residential значення).

- EDa (Exposure Duration, adult/Тривалість експозиції, дорослий) – період часу, протягом якого доросла людина зазнає впливу забрудненого ґрунту. Приймається 20 років (EPA Regional Screening Levels (RSL), User's Guide; residential adult exposure duration).

- IRSa (Soil Ingestion Rate, adult / Швидкість заковтування ґрунту, дорослий) – середня кількість ґрунту, що випадково заковтується дорослою людиною за добу. Приймається 100 мг/добу (EPA Regional Screening Levels (RSL), User's Guide; стандартне значення для дорослих).

- BWa (Body Weight, adult / Маса тіла, дорослий) – середня маса тіла дорослої людини, що використовується для нормалізації дози. Приймається 80 кг (EPA Regional Screening Levels (RSL), User's Guide; residential default).

За результатами розрахунку:

$$IFS_{res-adj} = ((350 \times 6 \times 200)/15) + ((350 \times 20 \times 100)/80) = 36\,750 \text{ мг/кг.}$$

$$\text{Далі розраховуємо } SL_{res-sol-ing} = (10^{-6} \times 25\,550) / (0,03 \times 10^{-6} \times 36\,750) = 23,17 \text{ мг/кг.}$$

2. Dermal (Cancer). Формула для його розрахунку виглядає так:

$$SL_{res-sol-derc} = \frac{TR \times 365 \times LT}{\left(\frac{CSF_d}{GIABS}\right) \times (10^{-6}) \times DFS_{res-adj} \times ABS_d}$$

Крім параметрів, які написано вище, тут додано:

- GIABS (Gastrointestinal Absorption Factor/Фактор абсорбції в шлунково-кишковий тракт) – частка речовини, що всмоктується у шлунково-кишковому тракті при пероральному надходженні (використовується при узгодженні оральної/дермальної еквівалентності в RSL equations). Для тротилу становить 1 (EPA RSL Summary Table, Nov 2024).

- ABSd (Dermal Absorption Fraction/Частка дермальної абсорбції) – частка речовини, що проникає через шкіру при контакті із ґрунтом pathway). Для тротилу становить 0,032 (EPA RSL Summary Table, Nov 2024).

- DFS_{res-adj} (Dermal Factor Soil, age-adjusted / Віково-скоригований дермальний фактор для ґрунту) – узагальнений віково-скоригований параметр дермальної експозиції, який використовується у формулах EPA RSL для розрахунку канцерогенного та неканцерогенного ризику при дермальному контакті з ґрунтом на житлових територіях. і розраховується за формулою:

$$DFS_{\text{res-adj}} = \left(\frac{EF_c \times ED_c \times SA_c \times AF_c}{BW_c} \right) + \left(\frac{EF_a \times ED_a \times SA_a \times AF_a}{BW_a} \right)$$

Більшість параметрів співпадають із попередніми, проте додано:

- SA_c (Skin Surface Area, child/Площа шкіри контакту, дитина) – площа шкіри, яка в середньому контактує із ґрунтом протягом доби (для dermal pathway). Приймається 2373 $\text{cm}^2/\text{доби}$ (EPA Regional Screening Levels (RSL), User's Guide; residential child default).

- AF_c (Soil Adherence Factor, child/Фактор налипання ґрунту, дитина) – маса ґрунту, що прилипає до 1 cm^2 шкіри за добу. Приймається 0,2 $\text{mg}/\text{cm}^2 \cdot \text{добу}$ (EPA Regional Screening Levels (RSL), User's Guide; residential child default).

- SA_a (Skin Surface Area, adult/Площа шкіри контакту, дорослий) – площа шкіри, яка в середньому контактує із ґрунтом протягом доби (для dermal pathway). Приймається 6032 $\text{cm}^2/\text{добу}$ (EPA Regional Screening Levels (RSL), User's Guide; residential adult default).

- AF_a (Soil Adherence Factor, adult/Фактор налипання ґрунту, дорослий) – маса ґрунту, що прилипає до 1 cm^2 шкіри за добу. Для тротилу приймається 0,07 $\text{mg}/\text{cm}^2 \cdot \text{добу}$ (EPA Regional Screening Levels (RSL), User's Guide; residential adult default).

Відповідно до цього параметр становить:

$$DFS_{\text{res-adj}} = ((350 \times 6 \times 2373 \times 0,2)/15) + ((350 \times 20 \times 6032 \times 0,07)/80) = 103\,390 \text{ мг/кг.}$$

$$SL = (10^{-6} \times 25550) / ((0,03 / 1) \times 10^{-6} \times 103390 \times 0,032) = 257,4 \text{ мг/кг.}$$

3. Total (Cancer, Resident Soil).

$$SL_{\text{total}} = \frac{1}{\frac{1}{23,17} \times \frac{1}{257,4}} = 21,2 \text{ мг/кг.}$$

За результатами проведених розрахунків узагальнене скринінгове значення для тротилу становить 21 mg/kg , що узгоджується з порядком величин, наведених у довідкових матеріалах Regional Screening Levels (RSL). Детальний аналіз розрахункових етапів та їх подальша візуалізація дозволяють наочно продемонструвати структуру загального екологічного ризику. Зокрема, наочне відображення отриманих даних чітко показує, що домінуючим шляхом експозиції для людини в таких умовах виступає саме пероральне надходження (випадкове заковтування контамінованих часток ґрунту), тоді як дермальний контакт має значно меншу питому вагу. Такий покомпонентний розбір результатів є вкрай важливим для практики управління забрудненими територіями, оскільки візуалізація частки кожного шляху впливу дає змогу оптимізувати управлінські рішення та фокусно спрямовувати заходи з рекультивациі на блокування найбільш критичних факторів небезпеки.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Важливою перевагою методології USEPA є диференційований підхід до цільового призначення територій. На відміну від жорстких універсальних нормативів, RSL передбачає чітке розділення на категорії земель (насамперед residential – житлові та industrial/commercial – промислові/комерційні). Це дозволяє уникнути економічно необґрунтованих витрат на очищення промислових зон до надзвичайно суворих показників, орієнтованих на дитячі майданчики, цілеспрямовано зосереджуючи ресурси на ділянках, де ризик тривалого контакту для населення є найвищим.

Іншою перевагою американської методики оцінки забруднення є її орієнтація на захист здоров'я людини, оскільки розрахунки ґрунтуються на токсикологічно підтверджених показниках впливу та використовують науково обґрунтовані допустимі рівні ризику. Характерною особливістю стандарту USEPA є його динамічність: він не є статичним списком цифр, а являє собою гнучкий математичний апарат, який регулярно оновлюється на основі новітніх токсикологічних даних або змін характеру та небезпеки забруднення. Саме ця універсальність розрахункового методу робить його надзвичайно адаптивним до умов та наслідків бойових дій. Військове забруднення відзначається хаотичністю та високою просторовою гетерогенністю, оскільки концентрація вибухових речовин може кардинально відрізнятися навіть у межах однієї ділянки залежно від точок детонації, типу застосованого озброєння чи наявності нездетонованих боєприпасів. У таких мінливих умовах традиційні жорстко фіксовані нормативи (на кшталт радянських ГДК) виявляються неефективними, тоді як розрахунковий характер підходу дозволяє оперативніше адаптувати оцінку під конкретний сценарій і локацію.

Ще однією суттєвою перевагою є гнучкість в оцінці неканцерогенних ризиків через застосування коефіцієнта небезпеки (Hazard Quotient, HQ). Базові таблиці RSL пропонують значення для двох сценаріїв: цільовий індекс $HQ = 1$ та $HQ = 0,1$. Значення $HQ = 1$ застосовується для оцінки впливу ізольованої (єдиної) токсичної речовини, базуючись на припущенні, що вплив на рівні референсної дози (RfD) не викличе негативних наслідків для здоров'я. Натомість знижений норматив $HQ = 0,1$ слугує своєрідним додатковим буфером безпеки і застосовується в умовах багатокомпонентного забруднення, коли декілька різних хімічних речовин впливають на одні й ті ж системи організму. У контексті військового забруднення, де вибухові речовини (наприклад, порохові суміші) практично завжди супроводжуються забрудненням важкими металами та продуктами дефлаґації, використання $HQ = 0,1$ дозволяє врахувати кумулятивний (адитивний) ефект токсикантів і уникнути недооцінки сумарного ризику для здоров'я.

У довідкових матеріалах USEPA міститься важлива інформація щодо обмежень застосування RSL, де прямо зазначається, що методика базується на стандартних припущеннях експозиції (default exposure assumptions), орієнтованих на житлові та промислові сценарії. У випадках, коли характеристики землекористування суттєво відрізняються від цих сценаріїв, можуть застосовуватися альтернативні підходи оцінки ризику, що повинні бути належним чином обґрунтовані у документації. Крім того, у базових посібниках USEPA з оцінки ґрунтів (Site Screening Level; SSL) зазначено, що цей інструмент не охоплює повністю всі можливі шляхи експозиції, а його використання має відповідати сценаріям, для яких він розрахований. Зокрема, нетипові шляхи впливу, такі як споживання продуктів харчування, вирощених на забруднених ґрунтах, повинні оцінюватися в межах детальної локальної (site-specific) оцінки ризику, оскільки система SSL сама по собі не гарантує захисту від таких шляхів експозиції.

Незважаючи на високу наукову обґрунтованість, використання чинних розрахункових критеріїв RSL має суттєвий недолік – відсутність у базовій методології окремої категорії та відповідних розрахункових моделей для земель сільськогосподарського призначення (agricultural lands). Ця прогалина зумовлена тим, що стандартний інструментарій USEPA (SSL/RSL) фокусується виключно на прямих шляхах експозиції (випадкове заковтування ґрунту, вдихання пилу та дермальний контакт). Він розроблявся переважно для оцінки урбанізованих та промислових територій і не враховує складні багатоступеневі трофічні ланцюги надходження токсикантів в організм людини, а саме міграцію вибухових речовин та їх метаболітів за системою “ґрунт – рослина – людина” або “ґрунт – тварини – продукція тваринництва – людина”.

Як свідчать останні дослідження, нітроароматичні сполуки здатні активно транслокуватися у біомасу сільськогосподарських культур. Для України, де землі сільськогосподарського призначення становлять переважну більшість (понад 60%) усіх імовірно забруднених територій, ігнорування харчового (трофічного) шляху

експозиції робить пряме перенесення американських нормативів недостатньо захисним (underprotective). Застосування виключно житлових чи промислових стандартів до земель сільськогосподарського призначення може призвести до хибного висновку про їхню безпечність, створюючи приховану загрозу потрапляння залишків вибухових речовин у сільськогосподарські продукти. Саме тому розрахунковий апарат USEPA потребує подальшої адаптації шляхом інтеграції до нього коефіцієнтів біоаккумуляції (Bioconcentration Factors) для основних сільськогосподарських культур.

Попри вказані обмеження, сама ідея ризик-орієнтованого підходу та розрахункові методи, що ґрунтуються на універсальних токсикологічних параметрах і закономірностях поведінки речовин у довкіллі, є доцільними для застосування в Україні. Їх ключовою перевагою є методологічна універсальність, що дозволяє використовувати єдину логіку оцінки ризику для різних типів забруднювачів, сценаріїв землекористування та просторово неоднорідних умов, особливо в районах ведення бойових дій.

З огляду на зазначене, обґрунтованим є поетапний підхід. Він передбачає використання універсальної розрахункової логіки та перевірених токсикологічних параметрів як методологічної основи вже на поточному етапі, з одночасним формуванням у майбутньому наукового консенсусу щодо адаптації та виведення узагальненої формули. Така адаптована модель обов'язково повинна враховувати сценарії використання земель сільськогосподарського призначення, трофічні шляхи експозиції та специфіку поведінки вибухових речовин у довкіллі в умовах війни в Україні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Ecological health risk assessment and source identification of soil contaminants based on USEPA risk assessment models / Z. Chen et al. *Toxics*. 2022. Vol. 10, № 6. P. 282.
2. U.S.–Vietnam environmental cooperation / U.S. Environmental Protection Agency. Washington, DC : U.S. Environmental Protection Agency, 2014. P. 1–3.
3. Human health toxicological assessment of contaminants in soil (Science Report SC050021/SR2) / Environment Agency. Bristol : Environment Agency, 2009. P. 5–7, 10–12.
4. Methodology for the management of polluted sites and soils in France / BRGM. Orléans : Bureau de Recherches Géologiques et Minières, 2017. P. 9–15.
5. Contaminated land management and control guidelines No. 1: Malaysian recommended site screening levels for contaminated land/Department of Environment Malaysia. Putrajaya : Department of Environment Malaysia, 2009. P. 6–10, 16–18.
6. Risk assessment guidance for Superfund (RAGS). Volume I: Human health evaluation manual (Part A)/U.S. Environmental Protection Agency. Washington, DC : U.S. Environmental Protection Agency, 1989.
7. Exposure factors handbook: 2011 edition/U.S. Environmental Protection Agency. Washington, DC : U.S. Environmental Protection Agency, 2011.
8. Regional screening levels (RSLs) – User's guide/U.S. Environmental Protection Agency. Washington, DC : U.S. Environmental Protection Agency, 2023. URL: <https://www.epa.gov/risk/regional-screening-levels-rsls-users-guide> (Last accessed: 28.03.2026).
9. Regional screening levels (RSL) summary table/U.S. Environmental Protection Agency. Washington, DC : U.S. Environmental Protection Agency, 2024.
10. Integrated Risk Information System (IRIS): 2,4,6-Trinitrotoluene (TNT)/U.S. Environmental Protection Agency. Washington, DC : U.S. Environmental Protection Agency, 2024.

Дата першого надходження статті до видання: 02.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 504.06:556.18

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.1.44>

ЕКОЛОГІЧНЕ ПІЗНАННЯ: ІНТЕГРАЦІЯ ТЕОРЕТИЧНИХ ОСНОВ ІА ПРАКТИЧНИХ РІШЕНЬ У ЗБЕРЕЖЕННІ ВОДНИХ РЕСУРСІВ

Залізняка Я.І. – доктор філософії за спеціальністю 103 Науки про Землю
викладач кафедри екології та безпеки життєдіяльності,
Уманський національний університет
orcid.org/0000-0002-6497-1215

У представлений роботі комплексно розглянуто надзвичайно актуальну проблему збереження водних ресурсів у контексті нерозривної інтеграції теоретичних екологічних основ та ефективних практичних рішень. В умовах стрімких глобальних кліматичних змін, прогресуючого дефіциту прісної води та посилення антропогенного тиску на довкілля, традиційні екстенсивні підходи до експлуатації гідросфери вичерпали свій потенціал. Саме тому в дослідженні наголошено на критичній важливості гармонійного поєднання фундаментальних наукових знань про просторово-часове функціонування водних екосистем з інноваційними, науково обґрунтованими методами управління водозбірними басейнами. Детально проаналізовано сучасні підходи до комплексної оцінки якості води та багаторівневого моніторингу стану поверхневих водойм. Підкреслюється, що перехід від простої статистичної фіксації рівня забруднення до складного прогностичного моделювання гідрохімічного режиму (зокрема, динаміки біогенних елементів) дозволяє завчасно виявляти екологічні ризики та запобігати деградації водойм. Окремий науковий та практичний акцент зроблено на необхідності широкого впровадження природоорієнтованих технологій (Nature-based Solutions). Зокрема, застосування методів фіторе mediaції, створення штучних водно-болотних угідь (біоплато) та відновлення буферних прибережних захисних смуг дозволяє ефективно стимулювати природні процеси біологічного самоочищення річок, мінімізуючи втручання важкої інженерії у ландшафти. Особливу увагу в роботі приділено ролі екологічного пізнання як фундаментального інструменту формування дієвої стратегії сталого водокористування. Доведено, що високий рівень екологічної свідомості суспільства та обов'язкова інтеграція об'єктивних наукових даних у сферу прийняття управлінських рішень є запорукою успішної реалізації будь-яких водоохоронних програм. Вода має сприйматися не просто як безмежний промисловий чи аграрний ресурс, а як надзвичайно вразлива жива екосистема, що потребує комплексного захисту. Підсумовуючи, зроблено обґрунтований висновок: лише глибока інтеграція академічної екологічної теорії та прикладної інженерної практики є єдиною і ключовою умовою для збереження водних об'єктів, підвищення їхньої буферної стійкості та повної мінімізації деструктивного антропогенного впливу.

Ключові слова: водні ресурси, екологічне пізнання, сталий розвиток, якість води, моніторинг, антропогенний вплив, природоорієнтовані рішення, гідросфера

Zalizniak Ya. I. Ecological Cognition: Integration of Theoretical Foundations and Practical Solutions in the Conservation of Water Resources

The presented work comprehensively examines the highly pressing issue of water resource conservation in the context of the inseparable integration of theoretical ecological foundations and effective practical solutions. Under the conditions of rapid global climate change, progressive freshwater scarcity, and increasing anthropogenic pressure on the environment, traditional extensive approaches to the exploitation of the hydrosphere have exhausted their potential. Therefore, the study emphasizes the critical importance of harmoniously combining fundamental scientific knowledge regarding the spatiotemporal functioning of aquatic ecosystems with innovative, scientifically grounded methods of watershed management. Modern approaches to the comprehensive assessment of water quality and the multi-level monitoring of the state of surface



© Залізняка Я.І., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

water bodies are analyzed in detail. It is highlighted that the transition from simple statistical recording of pollution levels to complex predictive modeling of the hydrochemical regime (in particular, the dynamics of biogenic elements) allows for the early detection of ecological risks and the prevention of water body degradation. A distinct scientific and practical emphasis is placed on the need for the widespread implementation of Nature-based Solutions. Specifically, the application of phytoremediation methods, the creation of constructed wetlands, and the restoration of riparian buffer zones effectively stimulate the natural biological self-purification processes of rivers, minimizing heavy engineering interventions in landscapes. Special attention is given to the role of ecological cognition as a fundamental tool for forming an effective strategy for sustainable water use. It is demonstrated that a high level of environmental awareness in society and the mandatory integration of objective scientific data into managerial decision-making are prerequisites for the successful implementation of any water protection programs. Water must be perceived not merely as a limitless industrial or agricultural resource, but as a highly vulnerable living ecosystem that requires comprehensive protection. In conclusion, a well-founded deduction is made: only the profound integration of academic ecological theory and applied engineering practice serves as the key condition for the preservation of water bodies, the enhancement of their resilience, and the complete minimization of destructive anthropogenic impacts.

Key words: water resources, ecological cognition, sustainable development, water quality, monitoring, anthropogenic impact, nature-based solutions, hydrosphere.

Актуальність теми дослідження. Вода є фундаментальною основою довкілля – ресурсом, який безальтернативно гарантує існування біосфери, стабільний розвиток людських спільнот та функціонування макроекономічних систем. Проте сьогодні людство стикається з безпрецедентними викликами: прогресуючими кліматичними трансформаціями, інтенсивним антропогенним тиском та масштабною деградацією природних екосистем. Ці критичні фактори вимагають категоричної відмови від застарілих екстенсивних підходів і диктують потребу в пошуку інноваційних шляхів збереження гідросфери. Саме у цьому контексті концепція екологічного пізнання постає як необхідний синтетичний підхід. Вона не лише накопичує фундаментальні знання про закономірності розвитку водних екосистем, але й трансформує їх у дієві, практичні механізми сталого управління водокористуванням.

Відповіддю на ці системні проблеми стала концепція інтегрованого управління водними ресурсами (Integrated Water Resources Management, IWRM). Вона була широко визнана міжнародною науковою спільнотою та управліннями як ключове стратегічне бачення та цільовий орієнтир. Водночас, попри свою концептуальну привабливість, парадигма IWRM зазнала значної та обґрунтованої критики [1]. Здебільшого ця критика спрямована на відірваність деяких теоретичних засад від реальних умов, а також на суттєві перешкоди, що виникають під час безпосередньої практичної імплементації цих принципів на локальному рівні.

Зважаючи на вищезазначене, виникає гостра необхідність чітко окреслити та систематизувати основні елементи, які дозволять гармонійно поєднати фундаментальні теоретичні розробки з реальними практичними підходами в управлінні, захисті та збереженні водних ресурсів.

Постановка проблеми. У ході проведеного дослідження було здійснено глибокий та комплексний аналіз сучасних теоретичних підходів до розуміння багатогранної ролі водних ресурсів як у функціонуванні біосфери, так і в еволюції людського суспільства. Широке коло вітчизняних та зарубіжних вчених у своїх фундаментальних і прикладних працях незмінно б'ють на сполох щодо стрімкого зростання антропогенного тиску на гідросферу, що супроводжується прогресуючим погіршенням показників якості води [2, 3, 4, 5, 6]. Цей деструктивний вплив дедалі частіше проявляється через неконтрольовані промислові скиди, хімізацію

сільського господарства та інтенсивну урбанізацію, що порушує природну здатність водойм до самоочищення.

Усвідомлення масштабу цих загроз вимагає переосмислення цінності ресурсу. Вода постає не лише як базовий структурний елемент глобального кругообігу речовин та енергії на планеті, але й як безальтернативний чинник стабільного соціально-економічного розвитку. Вона є життєдайною основою для формування критично важливих екосистемних послуг (від забезпечення питною водою до регулювання клімату) та головною умовою підтримання глобального біорізноманіття.

З огляду на це, методологічні та теоретичні основи екологічного пізнання дозволяють чітко визначити новий вектор управління природними благами. Вони доводять, що сучасні концепції та стратегії управління водними ресурсами повинні безпечібно ґрунтуватися на принципах сталого розвитку, активного запобігання забрудненню (замість боротьби з його наслідками), а також на глибоко інтегрованому та адаптивному підході до використання гідросфери, який гарантує екологічну безпеку для прийдешніх поколінь.

Методика досліджень. Сучасний методологічний апарат концепції та стратегії управління водними ресурсами базується на синергії передових аналітичних інструментів – багаторівневого моніторингу та попереднього моделювання гідрохімічного режиму водойм – із прикладними біоінженерними практиками, зокрема цілеспрямованим впровадженням природоорієнтованих рішень (NbS) на рівні цілих водозбірних басейнів.

На локальному рівні основою стають автоматизовані сенсорні мережі та технології «Інтернету речей» (IoT) [7], інтегровані безпосередньо у водойми для безперервного вимірювання базових маркерів (рН, рівень розчиненого кисню, електропровідність) у режимі реального часу. Водночас мікрорівень базується на традиційному відборі проб із подальшим високоточним лабораторним аналізом (наприклад, із застосуванням хроматографії та мас-спектрометрії) для виявлення специфічних, неочевидних загроз: мікропластику, залишків фармацевтичних препаратів, пестицидів та важких металів. Підсумком цієї системи є інтеграція зібраних масивів даних у сучасні геоінформаційні системи (ГІС) з використанням інструментів предиктивного математичного моделювання, що дозволяє не лише фіксувати поточний стан водойми, але й прогнозувати поширення забруднень, завчасно оцінювати екологічні ризики та формувати науково обґрунтовані управлінські рішення для збереження гідросфери [8].

Критична важливість гармонійного поєднання фундаментальних наукових знань про просторово-часове функціонування водних екосистем з інноваційними методами управління водозбірними басейнами полягає у неможливості подолати сучасні екологічні кризи без глибокої синергії теорії та практики. Фундаментальна наука забезпечує комплексне розуміння того, як водойми формуються, еволюціонують, самоочищаються та реагують на зовнішні стресори в різних масштабах – від локальних сезонних коливань до довготривалих кліматичних трансформацій і міграції забруднювачів через усю річкову мережу. Проте ці академічні знання набувають справжньої прикладної цінності лише тоді, коли стають базою для інноваційного управління на рівні всього водозбірного басейну, адже стан будь-якої водойми є прямим відображенням абсолютно всіх процесів на прилеглих територіях (від промислових скидів і аграрного стоку до інтенсивної урбанізації). Інтеграція цих двох сфер дозволяє здійснити життєво необхідний управлінський перехід від реактивного боротьби з наслідками деградації до проактивного планування та запобігання кризам. Завдяки такому науково обґрунтованому підходу

сучасні інструменти – предиктивне моделювання, геоінформаційні системи (ГІС) [8], просторовий аналіз та природоорієнтовані рішення (Nature-based Solutions) [9] – застосовуються не шаблонно, а з точним урахуванням унікальних гідрологічних, хімічних і біологічних циклів конкретної екосистеми. У підсумку, саме цей нерозривний зв'язок між глибоким академічним розумінням просторово-часової динаміки природи та передовими управлінськими практиками формує єдиний надійний механізм, який здатний підвищити буферну стійкість гідросфери, ефективно мінімізувати деструктивний антропогенний тиск та гарантувати стале водокористування для майбутніх поколінь.

У сучасній гідроекології фундаментально підкреслюється, що традиційна ретроспективна (або виключно статистична) фіксація рівня забруднення є реактивним підходом. Вона лише констатує факт екологічної шкоди, яка вже сталася, і вичерпала свою ефективність через неспроможність забезпечити інструменти для оперативного реагування. Натомість безальтернативним кроком стає системний перехід до складного прогностичного моделювання гідрохімічного режиму екосистем.

Особлива наукова та практична увага у цьому багатофакторному моделюванні приділяється динаміці біогенних елементів – насамперед сполукам нітрогену (зокрема нітратам і нітратам) та загальному фосфору, надлишкове надходження яких у річкові системи є головним тригером процесів евтрофікації. Прогностичні моделі здатні з високою точністю відстежувати шляхи міграції, просторово-часову трансформацію та зони критичного накопичення цих нутрієнтів у межах цілих водозбірних басейнів [4].

Це формує потужний аналітичний фундамент, який дозволяє завчасно виявляти приховані екологічні ризики – такі як загроза масштабного «цвітіння» води, розвиток донної гіпоксії (дефіциту кисню) або токсикоз гідробіонтів – ще до того, як вони досягнуть критичної фази. Як наслідок, фокус водоохоронного управління зміщується з дороговартісної ліквідації наслідків на науково обґрунтовані превентивні заходи. Такий підхід дозволяє ефективно запобігати деградації водойм, оптимізувати гранично допустимі скиди підприємств та зберігати природну здатність екосистем до самовідновлення.

Результати досліджень. Науковий інтерес до концепції природоорієнтованих рішень (Nature-based Solutions, NbS) [9] демонструє стрімку та стабільну динаміку зростання, що беззаперечно свідчить про їхню високу теоретичну та прикладну значущість. Впровадження інструментів NbS постає як ефективний механізм гармонізації економічного розвитку зі збереженням довкілля. Це суттєво підвищує адаптивний потенціал суспільства до глобальних кліматичних і техногенних загроз, водночас покращуючи загальний добробут населення.

Як слушно наголошує А. Ла Нотте [10], саме природне середовище здатне запропонувати оптимальні відповіді на широкий спектр соціально-економічних викликів – від подолання дефіциту водних ресурсів до гарантування продовольчої безпеки. Практичними втіленнями таких рішень є, зокрема, відновлення водно-болотних угідь та лісових масивів для буферизації паводків, розбудова зеленої інфраструктури з метою комплексної очистки атмосферного повітря і поверхневих вод, а також розвиток агролісомеліорації. У цій парадигмі природа розглядається як надзвичайно цінний екологічний актив, що вимагає раціонального управління та надійної охорони. Фундаментальна перевага таких природних систем над штучними (антропогенними) інфраструктурними об'єктами полягає в їхній унікальній еволюційній здатності до саморегуляції, адаптації та відновлення у відповідь на мінливі умови довкілля.

Доповнюючи цю думку, Дж. Кассін підкреслює, що сучасна концептуальна база NbS володіє потужним потенціалом для системного розв'язання ключових суспільних криз XXI століття [11]. Обґрунтованість цієї тези переконливо підтверджується масивом актуальних зарубіжних наукових розвідок, які ілюструють успішний досвід імплементації природоорієнтованих технологій у різноманітних секторах господарювання [12–16].

У таблиці 1 подано приклади найбільш ефективних природоорієнтованих технологій (Nature-based Solutions).

Таблиця 1

**Приклади природоорієнтованих технологій (Nature-based Solutions)
в межах річкових екосистем**

Назва технології / Підхід (NbS)	Сутність та механізм дії
Штучні водно-болотні угіддя (Біоплато / Constructed Wetlands)	Створення інженерних систем, що імітують природні водно-болотні екосистеми. Використовують симбіоз вищої водної рослинності (очерет, рогіз), ґрунту та мікроорганізмів для природної фільтрації, поглинання біогенних елементів та біологічного очищення стічних чи забруднених поверхневих вод.
Фіторе mediaція (Phytoremediation)	Використання специфічних видів рослин (та асоційованих з ними мікроорганізмів) для вилучення, накопичення, іммобілізації або розщеплення забруднюючих речовин (важких металів, пестицидів, надлишку нітратів і фосфатів) із водного середовища або донних відкладень.
Прибережні захисні смуги / Буферні зони (Riparian Buffer Zones)	Створення або відновлення смуг лісової, чагарникової та лучної рослинності вздовж берегів річок і озер. Вони діють як фізичний та біологічний бар'єр: перехоплюють поверхневий стік із сільськогосподарських угідь, запобігають ерозії берегів та затіняють водойми, знижуючи ризик «цвітіння» води.
Ренатуралізація / Ревіталізація річок (River Restoration / Renaturalization)	Комплекс заходів із повернення річкам їхнього природного стану: демонтаж бетонних берегоукріплень, відновлення природних звивин (меандрів), ліквідація штучних бар'єрів (невеликих гребель) для відновлення вільної течії, кисневого режиму та міграції гідробіонтів.
Відновлення заплав (Floodplain Restoration)	Повернення річкам простору їхніх історичних заплав (замість жорсткого дамбування). Це дозволяє річці природним шляхом розливатися під час паводків, акумулювати надлишок води, зменшувати руйнівну силу повеней та поповнювати запаси підземних вод.
Біодренажні системи / Біоканави (Bioswales / Rain Gardens)	Елементи міської зеленої інфраструктури – спеціальні ландшафтні заглиблення з дренажним шаром та вологолюбною рослинністю. Вони призначені для збору, затримки та очищення дощового (зливового) стоку з вулиць перед тим, як вода потрапить до основних водойм.
Агролісомеліорація (Agroforestry) у водозбірних басейнах	Інтеграція дерев і чагарників у ландшафти сільськогосподарських угідь. Кореневі системи дерев покращують інфільтрацію води в ґрунт, зменшують обсяги поверхневого стоку та суттєво знижують вимивання агрохімікатів у річкову мережу.

Екологічне пізнання постає не просто як сукупність розрізнених природничих знань, а як фундаментальний світоглядний та методологічний інструмент, здатний докорінно змінити підходи до управління гідросферою. Його ключове значення полягає насамперед у трансформації ціннісної парадигми суспільства та управлінських інституцій. Традиційний екстенсивний підхід століттями розглядав воду виключно як невичерпний економічний ресурс, призначений для задоволення промислових, енергетичних чи аграрних потреб. Натомість екологічне пізнання

стверджує системний екологічно-центричний підхід, за якого вода об'єктивно сприймається як надзвичайно складна, динамічна і вразлива життєдайна система. Таке усвідомлення є критично важливим для встановлення чітких екологічних меж водокористування, перетин яких неминуче призводить до незворотної деградації водойм.

Крім того, екологічне пізнання забезпечує необхідну наукову легітимізацію та обґрунтованість управлінських рішень. Дієва стратегія сталого водокористування апіорі не може базуватися на інтуїтивних кроках або орієнтуватися на короткострокові економічні вигоди. Саме глибоке розуміння природних процесів формує базу наукових даних, отриманих завдяки багаторівневому моніторингу та прогностичному моделюванню. Ця об'єктивна інформаційна основа дозволяє системі водокористування еволюціонувати від неефективної моделі (дороговартісної боротьби з наслідками забруднень) до адаптивної стратегії, спрямованої на завчасне виявлення екологічних ризиків і запобігання кризам.

Не менш вагомою є роль екологічного пізнання у каталізації суспільної екологічної свідомості. Жодна інноваційна водоохоронна програма чи стратегія впровадження природоорієнтованих технологій не буде повноцінно реалізована без широкої підтримки населення. Екологічні знання, імплементовані в освітній та соціальний простір, формують високий рівень екологічної відповідальності. Це перетворює суспільство з пасивних споживачів води на свідомих стейкхолдерів, готових до раціонального використання ресурсів. У підсумку, екологічне пізнання виконує функцію невід'ємного мосту між академічною наукою та прикладною управлінською практикою, що є єдиною запорукою збереження гідросфери для майбутніх поколінь.

Збереження водних ресурсів в умовах сучасних глобальних викликів вимагає докорінного переосмислення статусу гідросфери. Вода повинна безапеляційно сприйматися не як безмежний промислово-аграрний ресурс, а як складна та надзвичайно вразлива жива екосистема, що потребує системного і комплексного захисту.

Висновки. Успішна реалізація будь-яких водоохоронних стратегій та програм базується на двох фундаментальних засадах: формуванні високого рівня екологічної свідомості в суспільстві та обов'язковій інтеграції об'єктивних наукових даних у процес прийняття управлінських рішень. Отже, головною і єдиною умовою забезпечення сталого водокористування є нерозривна, глибока інтеграція академічної екологічної теорії та передової прикладної інженерної практики. Саме такий синергетичний підхід здатен підвищити буферну стійкість водних об'єктів, гарантувати їхнє збереження для майбутніх поколінь та максимально знівелювати деструктивні наслідки прогресуючого антропогенного тиску на довкілля.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Butterworth J., Warner J., Moriarty P., Smits S., Batchelor C. Finding practical approaches to Integrated Water Resources Management. *Water Alternatives*. 2010. Vol. 3, no. 1. P. 68–81.
2. Васенко О. Г., Рибалова О. В., Коробкова Г. В. Комплексна оцінка екологічного стану басейну річки Лопань у Харківській області. *Екологія та промисловість*. 2012. № 4 (33). С. 114–118.
3. Ганущак М. М., Тарасюк Н. А. Оцінка якості поверхневих вод басейну р. Стир. *Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія : наук. збірник*. Київ, 2015. Т. 1 (36). С. 110–118.

4. Залізник Я. І. Оцінка якості вод за інтегральним показником забруднення у річках басейну Південного Бугу в межах Вінницької області. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2021. № 28. С. 37–48. <https://doi.org/10.31481/uhmj.28.2021.04>.
5. Ліхо О. А. Обґрунтування моніторингу антропогенних змін в басейнах малих річок : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.02. Київ, 1998. 17 с.
6. Дорофєєв О. В. Наслідки впливу інтенсифікації землеробства на екологічну рівновагу навколишнього середовища. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2011. № 4. С. 136–141.
7. Стервоєдов М. Г., Терьохін В. Л. Розробка мережевої інфраструктури IoT на базі сенсорної мережі розподілених датчиків для вимірювання радіаційного забруднення з використанням багаторівневої архітектури. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління»*. 2020. Вип. 48. С. 89–97.
8. Геоінформаційні дослідження водних екосистем України: моніторинг та прогнозування / за ред. В. П. Супруна. Івано-Франківськ, 2022. 212 с.
9. Паньків Н. М. Природоорієнтовані рішення як інструмент вирішення еколого-економічних проблем. *Аграрні інновації*. 2025. № 32. С. 313–320. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.32.44>.
10. La Notte A. How to account for nature-based solutions as the ecological assets that support economy and society. *Nature-Based Solutions*. 2024. Vol. 6. 100164. <https://doi.org/10.1016/j.nbsj.2024.100164>.
11. Cassin J. History and development of nature-based solutions: concepts and practice. *Nature-Based Solutions and Water Security*. Elsevier, 2021. P. 19–34. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819871-1.00018-X>.
12. Desta H. S. Weaving the Green Thread: Forest and Landscape Restoration and Nature-based-solutions for Achieving the SDGs in Oromia and Former SNNP Regions of Ethiopia. *Nature-Based Solutions*. 2025. <https://doi.org/10.1016/j.nbsj.2025.100270>.
13. Jonoski A., Ali M. H., Bertini C., Popescu I., van Andel S. J., Lansu A. Model-based design of droughtrelated climate adaptation strategies using nature-based solutions: case study of the Aa of Weerijds catchment in the Netherlands. *Nature-Based Solutions*. 2025. <https://doi.org/10.1016/j.nbsj.2025.100264>.
14. Liu S., Cai F., Rangel-Buitrago N., Peng Y., Wagreich M., Zhang T., Wang P. Nature-based solutions for coastal restoration during urbanization: Implications of a case study along Chaoyang Port Coast, China. *Ocean & Coastal Management*. 2025. Vol. 266. 107691. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2025.107691>.
15. Mendonça R., Roebeling P., Fidélis T., Saraiva M. Can policy instruments enhance the benefits of naturebased solutions and curb green gentrification? The case of Genova, Italy. *Environmental Development*. 2024. Vol. 50. DOI:10.1016/j.envdev.2024.100995
16. Telwala Y. Unlocking the potential of agroforestry as a nature-based solution for localizing sustainable development goals: a case study from a droughtprone region in rural India. *Nature-Based Solutions*. 2023. Vol. 3. DOI:10.1016/j.nbsj.2022.100045.

Дата першого надходження статті до видання: 06.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 504.06; 628.31

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.1.45>

ВПЛИВ ДОЩОВИХ ВОД НА ФОРМУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ У ТРАНСПОРТНИХ ЗОНАХ МІСТ

Імамов В.О. – аспірант кафедри екології та безпеки життєдіяльності,
Уманський національний університет
orcid.org/0009-0003-3590-9003

Гурський І.М. – к.с.-г.н., доцент кафедри екології та безпеки життєдіяльності,
Уманський національний університет
orcid.org/0000-0002-3822-3889

У статті розглянуто проблему формування екологічних ризиків у транспортних зонах міст, пов'язаних із накопиченням та інфільтрацією дощових стоків. Недостатня пропускна здатність водовідвідних мереж призводить до утворення локальних підтоплень, що створює умови для накопичення значних обсягів забрудненої води у пониженнях рельєфу. У 2025 році було проведено комплексне дослідження складу дощових стоків у місті Умань, яке охопило вулиці з різною інтенсивністю транспортного навантаження. Методологія включала визначення концентрації завислих речовин гравіметричним методом, вимірювання показника рН електрометричним методом та аналіз вмісту свинцю за допомогою атомно-абсорбційної спектрофотометрії. Результати дослідження засвідчили наявність прямої кореляції між інтенсивністю транспортного руху та рівнем забруднення дощових стоків. Встановлено, що магістральні дороги з високим транспортним потоком характеризуються підвищеними концентраціями завислих речовин і свинцю, а також зміщенням кислотно-лужного балансу. Сезонна динаміка показала зростання рівня забруднення у жовтні порівняно з травнем, що пояснюється накопиченням техногенних частинок та особливостями експлуатації дорожньої інфраструктури. Виявлені закономірності підтверджують, що транспортна діяльність є ключовим чинником формування екологічних ризиків у міських урбоекосистемах. Наслідки цього процесу включають дезрадацію ґрунтового покриву, зниження біологічної активності та потенційну загрозу для підземних вод і здоров'я населення. Отримані результати підкреслюють необхідність системного моніторингу складу дощових стоків, розробки природоохоронних рішень для зменшення техногенного навантаження та формування екологічної політики, спрямованої на підвищення стійкості міських територій до впливу транспортної діяльності.

Ключові слова: дощові стоки, транспортне навантаження, завислі речовини, рН, свинець.

Imamov V.O., Gurskyi I.M. the impact of rainwater on the formation of environmental risks in urban transport zones

The article addresses the problem of environmental risks formation in urban transport zones associated with the accumulation and infiltration of stormwater runoff. Insufficient capacity of drainage systems leads to local flooding and the retention of large volumes of contaminated water in low-lying areas, creating conditions for pollutants to infiltrate soils and groundwater. In 2025, a comprehensive study of stormwater composition was conducted in the city of Uman, covering streets with varying levels of traffic intensity. The methodology included determining suspended solids concentration using the gravimetric method, measuring pH by the electrometric method, and analyzing lead content through atomic absorption spectrophotometry. The results revealed a direct correlation between traffic intensity and stormwater pollution levels. It was established that major roads with heavy traffic flows are characterized by elevated concentrations of suspended solids and lead, as well as shifts in the acid-base balance. Seasonal dynamics indicated higher pollution levels in October compared to May, explained by the accumulation of technogenic particles and specific features of road infrastructure operation. The identified patterns confirm that transport activity is a key factor in the formation of environmental risks in urban ecosystems.



© Імамов В.О., Гурський І.М., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

The consequences of these processes include soil degradation, reduced biological activity, and potential threats to groundwater and public health. The findings emphasize the necessity of systematic monitoring of stormwater composition, the development of nature-based solutions to reduce technogenic load, and the formation of environmental policies aimed at increasing the resilience of urban areas to the impacts of transport activity.

Key words: *stormwater runoff, traffic load, suspended solids, pH, lead.*

Постановка проблеми. Екологічні ризики в урбанізованих територіях зростають унаслідок інтенсивного розвитку транспортної інфраструктури та збільшення кількості автомобілів. Одним із ключових чинників є дощові води, які в умовах міст виконують не лише природну функцію регуляції гідрологічного циклу, але й стають переносниками забруднювачів. Біля транспортних магістралей вони змивають залишки нафтопродуктів, що утворюються внаслідок витоків пального, мастильних матеріалів, продуктів зносу шин та дорожнього покриття.

Як зазначає Wang та ін., дощові стоки дедалі частіше транспортують нові забруднювачі, включно з вуглеводнями та важкими металами, які становлять значну загрозу для міських ґрунтів і ґрунтових вод [1]. Таким чином, культурний шар урбоєкосистем стає акумулятором токсичних речовин, які змінюють його фізико-хімічні властивості та створюють довготривалі ризики для екологічної безпеки. Дослідження Motlagh [2] доводить, що непроникні поверхні у транспортних зонах прискорюють стік дощових вод, що призводить до швидкої інфільтрації залишків нафтопродуктів у міські ґрунти та ґрунтові води. Це підкреслює, що саме транспортні зони є найбільш уразливими ділянками, де відбувається інтенсивне накопичення нафтопродуктів у культурному шарі.

Накопичення нафтопродуктів у ґрунтах біля доріг призводить до деградації структури ґрунту, зниження його біологічної продуктивності та токсичного впливу на рослинність і мікроорганізми. Крім того, відбувається міграція забруднювачів у глибші горизонти ґрунту та у ґрунтові води, що може мати довготривалі наслідки для здоров'я населення.

Попри наявність окремих досліджень, комплексний аналіз впливу дощових вод на культурний шар саме в транспортних зонах залишається недостатньо розробленим. Відсутність системних даних про масштаби та механізми цього процесу ускладнює розробку ефективних заходів зменшення екологічних ризиків. Саме тому актуальним є проведення досліджень, спрямованих на обґрунтування впливу дощових вод, що змивають залишки нафтопродуктів, на стан культурного шару урбоєкосистем та пошук шляхів його оптимізації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У сучасній екологічній науці проблема впливу дощових вод на стан культурного шару урбоєкосистем розглядається як одна з найважливіших у контексті урбанізації та розвитку транспортної інфраструктури. Дослідження останніх років свідчать, що саме транспортні магістралі є головними джерелами забруднення дощових стоків нафтопродуктами, важкими металами та іншими токсичними речовинами.

Зокрема, у роботах Saleh та ін. і Ahmad та ін. показано, що дощові води дедалі частіше транспортують нові забруднювачі, включно з мікропластиком та пері-і поліфторованими сполуками, які становлять загрозу для міських ґрунтів та водних екосистем [3, 4]. Kim Nak та ін. у своїй статті наголошують, що непроникні поверхні у транспортних зонах прискорюють стік, сприяючи швидкій інфільтрації залишків нафтопродуктів у ґрунти [5].

Дослідження Deletic та Ott виявило, що концентрація вуглеводнів у дорожніх стоках перевищує екологічно безпечні рівні, особливо у промислових районах

міст [6]. Причому, перший етап дощового стоку («first flush») містить найбільшу кількість нафтопродуктів та важких металів [7, 8].

В українському науковому просторі проблема впливу на культурний шар урбо-екосистем також активно досліджується. Автори Балюк С.А., Кучер А.В., Максименко Н.В. аналізують сучасний стан ґрунтів України, включно з урбанізованими територіями, та підкреслюють проблеми деградації й забруднення, зокрема у транспортних зонах [9].

Таким чином, дослідження підтверджують, що проблема впливу дощових вод на культурний шар урбоекосистем має системний характер і потребує комплексного підходу. Науковці акцентують увагу на локальних особливостях урбанізованих територій, що дозволяє враховувати специфіку українських міст при розробці екологічних стратегій. Зокрема, варто відзначити LeFevre та ін., які показали, що системи зелених інфраструктур (біосмути, дощові сади) ефективно знижують рівень нафтопродуктів у стоках [10]. Corbett та ін. дослідили вплив дорожніх стоків на мікробіоту ґрунтів, доводячи, що токсичні речовини змінюють біологічну активність культурного шару [11].

Постановка завдання. Мета дослідження полягає у визначенні взаємозв'язку між інтенсивністю транспортного навантаження та якісними характеристиками дощових стоків у міському середовищі, зокрема концентрацією завислих речовин, показником рН та вмістом свинцю. Метою дослідження є отримання репрезентативних даних щодо впливу транспортної діяльності на екологічний стан урбоекосистеми та формування науково обґрунтованих висновків для подальшого моніторингу й розробки заходів зменшення техногенного навантаження.

Виклад основного матеріалу дослідження. Недостатня пропускну здатність або повна блокада водовідвідних мереж у транспортних зонах міст призводить до утворення локальних підтоплень та накопичення значних обсягів дощових вод у понижених ділянках рельєфу. Така ситуація не лише ускладнює умови експлуатації дорожньої інфраструктури, але й створює серйозні екологічні ризики. Дощові стоки, що формуються в умовах інтенсивного транспортного навантаження, є носіями широкого спектра хімічних забруднювачів, які здатні інфільтрувати у ґрунти та підземні води, змінюючи їхній природний стан.

У 2025 році було проведено дослідження складу дощових стоків у транспортних зонах міста Умань, що дозволило оцінити рівень техногенного навантаження на ґрунтові та водні екосистеми. Для аналізу були обрані вулиці з різною інтенсивністю руху: Незалежності, Заводська, Єднання, Садова та Успенська. Вибір саме цих ділянок був зумовлений необхідністю охопити як магістральні дороги з високим транспортним потоком, так і другорядні вулиці, де інтенсивність руху є значно нижчою.

Відбір проб здійснювався у понижених ділянках рельєфу, де відбувається накопичення дощових вод через недостатню ефективність роботи зливової каналізації. Проби бралися безпосередньо після інтенсивних опадів, що забезпечувало репрезентативність отриманих даних. Зібраний матеріал транспортувався до лабораторії у контрольованих умовах, що дозволяло зберегти його первинний хімічний склад. Методологія дослідження була спрямована на визначення ключових показників якості дощових стоків у транспортних зонах міста Умань. Основну увагу приділено аналізу завислих речовин, показника кислотності середовища (рН) та вмісту свинцю у воді. Концентрацію завислих речовин визначали гравіметричним методом, що забезпечує точне кількісне оцінювання твердих частинок у воді. Параметр рН вимірювали за допомогою електрометричного методу із застосуванням

каліброваного рН-метра, що дозволяло встановити рівень кислотності та оцінити можливі зміни хімічного балансу стоків. Вміст свинцю визначали методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії, який є високочутливим та дає змогу виявити навіть мінімальні концентрації цього токсичного металу. Такий комплексний підхід дозволив отримати репрезентативні дані щодо фізико-хімічних характеристик дощових вод та оцінити їхній потенційний вплив на ґрунтові й водні екосистеми.

На рис. 1 відображена інтенсивність випадання опадів у місті Умань протягом 2025 року. Аналіз представлених даних свідчить про нерівномірний розподіл опадів упродовж року, з підвищеною інтенсивністю у літньо-осінній період та відносно низькими показниками у зимові місяці.

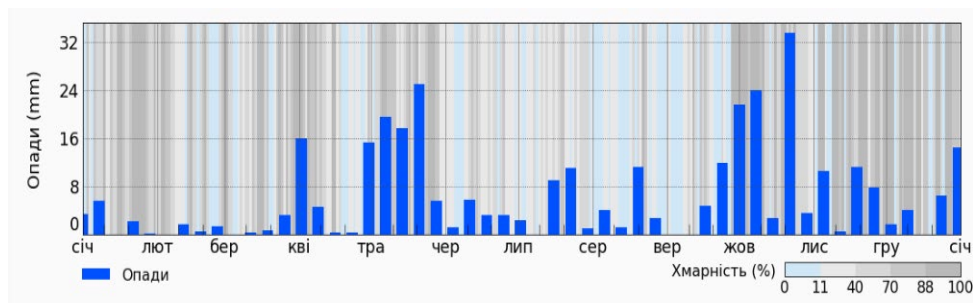


Рис. 1. Розподіл опадів за місяцями у місті Умань, 2025 рік [12]

У рамках дослідження відбір проб дощових стоків у місті Умань було здійснено у травні та жовтні 2025 року. Вибір саме цих місяців обґрунтовується їхнім репрезентативним значенням для оцінки сезонної динаміки забруднення. Таким чином, поєднання весняного та осіннього відбору проб дозволяє отримати більш повну картину складу дощових стоків у транспортних зонах міста, враховуючи різні кліматичні та техногенні фактори.

Для оцінки взаємозв'язку між інтенсивністю транспортного навантаження та якісними характеристиками дощових стоків було побудовано графіки кореляції, що відображають залежність між кількістю транспортних засобів, які проходять через досліджувані ділянки (наведене значення середнє за період досліджень), та концентрацією завислих речовин у воді. Такий підхід дозволяє не лише візуалізувати характер зв'язку між техногенним фактором і рівнем забруднення, але й кількісно визначити силу цього впливу, що є важливим для екологічної оцінки урбанізованих територій (рис. 2–3).

Аналіз представлених даних свідчить про наявність чіткої залежності між інтенсивністю транспортного навантаження та концентрацією завислих речовин у дощових стоках. Вулиці з найбільшим потоком транспорту, зокрема Незалежності та Заводська, характеризуються найвищими показниками забруднення як у травні, так і в жовтні, тоді як менш завантажені ділянки, такі як вул. Успенська, демонструють значно нижчі концентрації. Це підтверджує, що транспортна діяльність є ключовим чинником формування твердих домішок у міських стоках.

Порівняння результатів весняного та осіннього відбору проб показує загальне зростання концентрацій завислих речовин у жовтні, що може бути пов'язано з сезонними особливостями експлуатації дорожнього покриття та накопиченням техногенних частинок.

Для оцінки хімічних характеристик дощових стоків у транспортних зонах міста також було побудовано графіки кореляції, що відображають залежність між інтенсивністю транспортного навантаження та показником рН (рис. 4–5). Такий підхід дозволяє простежити, як техногенні чинники, пов’язані з рухом транспорту, впливають на кислотно-лужний баланс стоків, що є важливим індикатором їхнього екологічного стану.

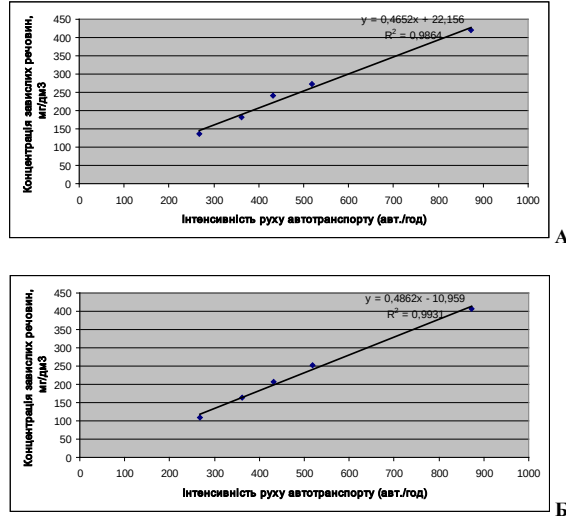


Рис. 2–3. Графіки залежності концентрації завислих речовин у дощових стоках від інтенсивності транспортного навантаження (А – травень, Б – жовтень)

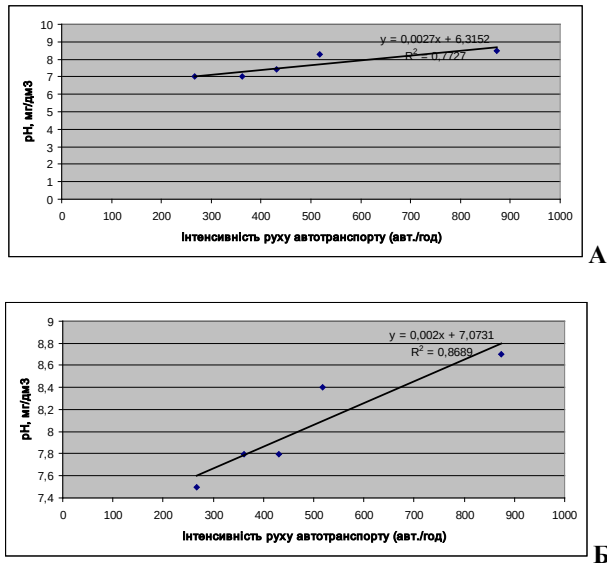
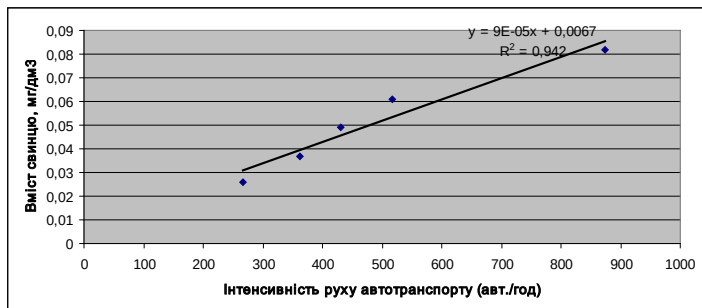


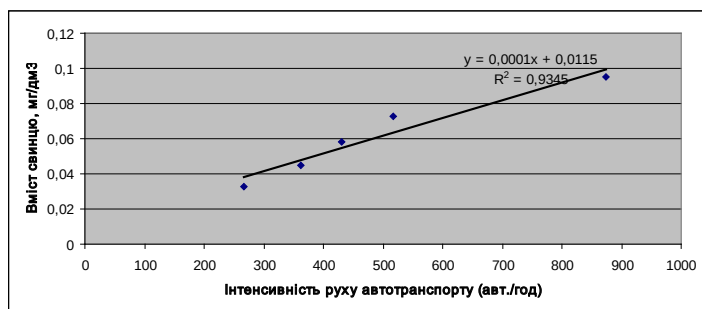
Рис. 4–5. Графіки залежності рН у дощових стоках від інтенсивності транспортного навантаження (А – травень, Б – жовтень)

Як свідчать наведені дані, відмічається певна кореляція активної реакції середовища в дощових стоках з інтенсивністю руху автомобілів: чим вище інтенсивність, тим вище значення рН. Сезонна динаміка – аналогічна попереднім висновкам.

Також для оцінки рівня техногенного було проаналізовано вміст свинцю у дощових стоках на різних вулицях міста Умань у травні та жовтні 2025 року. Отримані дані відображають залежність між інтенсивністю транспортного руху та концентрацією цього металу, що є важливим показником екологічного стану урбоекосистеми (рис. 6–7).



А



Б

Рис. 6–7

Аналіз отриманих даних свідчить про наявність прямого кореляційного зв'язку між інтенсивністю транспортного навантаження та концентрацією свинцю у дощових стоках. Вулиці з найбільшим потоком транспорту демонструють найвищі показники вмісту цього токсичного металу, тоді як менш завантажені ділянки характеризуються значно нижчими значеннями. Така закономірність пояснюється механізмами утворення свинцю у міському середовищі: він надходить у стоки внаслідок зносу шин та гальмівних колодок, руйнування дорожнього покриття, а також через залишки паливно-мастильних матеріалів.

Порівняння весняних і осінніх даних показує тенденцію до зростання концентрацій у жовтні, що може бути пов'язано з накопиченням техногенних частинок протягом теплого періоду року. Наслідки такого процесу для урбоекосистеми є суттєвими: свинець здатний акумулюватися у ґрунтах, змінювати їхню хімічну структуру, пригнічувати біологічну активність та становити загрозу для підземних вод. У довгостроковій перспективі це може призвести до деградації ґрунтового

покриву, зниження екологічної стійкості міських територій та створення ризиків для здоров'я населення. Таким чином, результати дослідження підтверджують необхідність системного моніторингу важких металів у дощових стоках та розробки заходів щодо зменшення їхнього надходження у міське середовище.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Результати дослідження свідчать про наявність стійкої кореляції між інтенсивністю транспортного навантаження та якісними характеристиками дощових стоків у міському середовищі. Встановлено, що підвищення транспортного потоку супроводжується зростанням концентрації завислих речовин, зміною кислотно-лужного балансу та збільшенням вмісту свинцю у воді. Виявлені закономірності пояснюються механізмами техногенного забруднення, зокрема зносом шин і гальмівних колодок, руйнуванням дорожнього покриття та надходженням паливно-мастильних матеріалів у стоки. Сезонна варіативність показників підтверджує вплив кліматичних умов та особливостей експлуатації дорожньої інфраструктури на формування складу дощових вод. Наслідки цих процесів для урбоєкосистеми є критичними, оскільки вони спричиняють деградацію ґрунтів, порушення біологічної активності та створюють ризики для підземних вод.

Перспективи подальших досліджень полягають у розробці моделей прогнозування впливу транспортної діяльності на якість дощових стоків та оцінці ефективності інженерних і природоорієнтованих рішень для зменшення негативних наслідків. Отримані результати можуть стати основою для формування екологічної політики міста, спрямованої на зниження рівня забруднення та підвищення стійкості урбанізованих територій до техногенного впливу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Wang Y., Zhang X., Liu H. A Comprehensive Review of the Status and Removal of Emerging Contaminants in Urban Water Bodies Mediated by Stormwater Over the Past 30 Years. *Water Air Soil Pollut.*, 2025. 236. 1023. <https://doi.org/10.1007/s11270-025-08558-y>
2. Motlagh A. Urban Stormwater and Groundwater Quality: Pathways, Risks, and Green Infrastructure Solutions. *Environments*, 2025. 12. 446. <https://doi.org/10.3390/environments12110446>
3. Saleh H., Sarkar D., Zhang Z., Boufadel M., Datta, R. Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS) in Urban Stormwater Runoff: Insights from a Roadside Rain Garden. *Water*, 2025. 17(20). 2982. <https://doi.org/10.3390/w17202982>
4. Ahmad T., Gul S., Peng L., Mehmood T., Huang Q., Ahmad A., Ali H., Ali W., Souissi S., Zinck P. Microplastic mitigation in urban stormwater using green infrastructure: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 2025. 23. 999–1024. <https://doi.org/10.1007/s10311-025-01833-8>
5. Kim Hak, Jeong Hanseok, Jeon Jihye, Bae Seungjong. The Impact of Impervious Surface on Water Quality and Its Threshold in Korea. *Water*, 2016. 8. 111. <https://doi.org/10.3390/w8040111>
6. Deletic A., Orr D. Pollution buildup on road surfaces. *Journal of Environmental Engineering*, 2005. 131 (1). P. 49–59. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9372\(2005\)131:1\(49\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9372(2005)131:1(49))
7. Guoping Qian, Jingyu Zhang, Xi Li, Huanan Yu, Xiangbing Gong, Juyong Chen. Study on pollution characteristics of urban pavement runoff. *Water Sci Technol.*, 2021; 84 (7). P. 1745–1756. <https://doi.org/10.2166/wst.2021.371>
8. Barco J., Papiri S., Stenstrom M. K. First flush in a combined sewer system. *Chemosphere*, 2008. 71 (5). P. 827–833. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2007.11.049>

9. Балюк С.А., Кучер А.В., Максименко Н.В. Ґрунтові ресурси України: стан, проблеми і стратегія сталого управління. *Український географічний журнал*, 2021. №2. С. 3–12. <https://doi.org/10.15407/ugz2021.02.003>
10. LeFevre G.H., Hendricks M.D., Carrasquillo M.E., McPhillips L.E., Winfrey B.K., Mihelcic J.R. The Greatest Opportunity for Green Stormwater Infrastructure Is to Advance Environmental Justice. *Environmental Science & Technology*, 2021. 57(36). P. 19088–19093. <https://doi.org/10.1021/acs.est.3c07062>
11. Corbett E., Ijaz U.Z., Jackson I.J., Phoenix V.R. Stormwater quality and microbial ecology in an urban rain garden system. *Frontiers in Water*, 2024. 6. Article 1383382. <https://doi.org/10.3389/frwa.2024.1383382>
12. Meteoblue. Архів погоди Uman. URL: https://www.meteoblue.com/uk/weather/historyclimate/weatherarchive/uman_ukraine_690688 (дата звернення 11.03.2026).

Дата першого надходження статті до видання: 07.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

УДК 556.531:556.115

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.1.46>

ОЦІНКА РІЧКОВОЇ ВОДИ ТА ДОННИХ ВІДКЛАДЕНЬ НА ОСНОВІ МІКРОБІОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ

Корнієнко В.І. – д.б.н., професор,

директор Української лабораторії якості і безпеки продукції АПК,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
orcid.org/0000-0003-0403-7727

Мідик С.В. – к.вет.н., старший дослідник,

доцент кафедри гігієни тварин та харчових продуктів
ім. проф. А. К. Скороходька,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
orcid.org/0000-0002-2682-2884

Семенко Л.О. – к.с.-г.н.,

доцент кафедри агрохімії та якості продукції рослинництва ім. О. І. Душечкіна,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
orcid.org/0000-0002-4586-3681

Вішован Ю.Ю. – доктор філософії, зав. відділом мікробіологічних досліджень

Української лабораторії якості і безпеки продукції АПК,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
orcid.org/0000-0003-1128-593X

Самкова О.П. – заступник директора

Української лабораторії якості і безпеки продукції АПК,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
orcid.org/0000-0002-2132-3357

Березовський О.В. – к.с.-г.н.,

старший науковий співробітник
Української лабораторії якості і безпеки продукції АПК,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
orcid.org/0000-0002-0909-1119

Полтавченко Т.В. – к.вет.н., доцент,

завідувач кафедри водних біоресурсів,
Національний університет водного господарства
та природокористування
orcid.org/0000-0001-8531-2924

У статті представлено результати комплексного аналізу функціонування мікробних спільнот як фундаментальних компонентів гідро- та едафоекосистем. Доведено, що мікроорганізми виступають прецизійними біоіндикаторами антропогенного тиску. Особливу увагу приділено екологічним аспектам циркуляції патогенів, зокрема *Helicobacter pylori* та бактерій роду *Salmonella*. Встановлено, що водне середовище за умов низького соціально-економічного статусу територій стає критичним резервуаром інфекцій, де виживання збудників забезпечується їх переходом у стан «життєздатних, але



© Корнієнко В.І., Мідик С.В., Семенко Л.О., Вішован Ю.Ю., Самкова О.П.,
Березовський О.В., Полтавченко Т.В., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

некультивованих». Обґрунтовано, що такі адаптивні механізми, підсилені впливом глобальних теплових хвиль, можуть маскувати реальні рівні забруднення та сприяти неконтрольованому поширенню патогенів.

У контексті моніторингу ґрунтових екосистем проаналізовано динаміку оліготрофних груп мікроорганізмів (*Acidobacteria*, *Planctomycetes*). Встановлено, що їх висока чисельність є маркером стабільності циклів вуглецю та гомеостазу ґрунту. Водночас встановлено, що інтенсифікація хімічного навантаження пригнічує оліготрофну мікрофлору, стимулюючи розвиток копіотрофів, що призводить до деградації гумусу та втрати біологічної активності ґрунтів.

Методика дослідження базується на порівняльній характеристиці мікробіологічного стану мулу річок Дереновець та Левець. Аналіз показав, що екосистема р. Дереновець характеризується високим загальним мікробним числом при низькому рівні коли-індексу, що свідчить про домінування природної сапрофітної мікрофлори. Натомість для р. Левець виявлено суттєву просторову гетерогенність: на певних ділянках (Мул 1) зафіксовано підвищені показники бактеріального навантаження та присутність колиформних бактерій, що вказує на локальний антропогенний вплив. Спостережуване зростання мікробіологічних показників після етапів очищення вказує на ризики вторинної контамінації або технологічну недосконалість очисних процесів.

Відсутність *Escherichia coli* та *Salmonella* spp. у всіх зразках підтверджує санітарно-епідеміологічну безпеку об'єктів у період дослідження. Надійність отриманих даних верифікована розрахунками невизначеності випробувань, значення яких не перевищують гранично допустимих меж, що гарантує високу точність лабораторного аналізу та достовірність зроблених висновків.

Ключові слова: мікробіоценоз, гідроєкосистеми, антропогенне навантаження, екологічний моніторинг, донні відкладення

Korniyenko V.I., Midyk S.V., Semenکو L.O., Vishovan Yu.Yu., Samkova O.P., Berezovsky O.V., Poltavchenko T.V. Assessment of river water and bottom sediments based on microbiological indicators

The article presents the results of a comprehensive analysis of the functioning of microbial communities as fundamental components of hydro- and edapho-ecosystems. It has been proven that microorganisms serve as precision bioindicators of anthropogenic pressure. Special attention is paid to the ecological aspects of the circulation of pathogens, specifically *Helicobacter pylori* and bacteria of the genus *Salmonella*. It was established that in areas with low socio-economic status, the aquatic environment becomes a critical reservoir for infections, where the survival of pathogens is ensured by their transition into a "viable but non-culturable" (VBNC) state. It is substantiated that such adaptive mechanisms, reinforced by the impact of global heatwaves, can mask actual pollution levels and facilitate the uncontrolled spread of pathogens.

In the context of monitoring soil ecosystems, the dynamics of oligotrophic groups of microorganisms (*Acidobacteria*, *Planctomycetes*) were analyzed. It was established that their high abundance serves as a marker of carbon cycle stability and soil homeostasis. Concurrently, it was found that intensified chemical loading suppresses oligotrophic microflora while stimulating the development of copiotrophs, leading to humus degradation and the loss of biological activity in soils.

The research methodology is based on a comparative characterization of the microbiological state of the sediment in the Derenovets and Levets rivers. The analysis showed that the ecosystem of the Derenovets River is characterized by a high total microbial count (TMC) alongside a low coli-index, indicating the dominance of natural saprophytic microflora. In contrast, significant spatial heterogeneity was found for the Levets River: certain areas (Sediment 1) exhibited increased bacterial loads and the presence of coliform bacteria, indicating local anthropogenic impact. The observed increase in microbiological indicators following water treatment stages suggests risks of secondary contamination or technological imperfections in the treatment processes.

The absence of *Escherichia coli* and *Salmonella* spp. in all samples confirms the sanitary and epidemiological safety of the sites during the study period. The reliability of the obtained data is verified by calculations of measurement uncertainty, the values of which do not exceed the maximum permissible limits, guaranteeing high precision of the laboratory analysis and the validity of the conclusions drawn.

Key words: microbiocenosis, hydro-ecosystems, anthropogenic load, oligotrophs, antibiotic resistance, *Salmonella*, sanitary-microbiological analysis, measurement uncertainty, environmental monitoring.

Постановка проблеми. Мікроорганізми є важливим компонентом гідроеко-систем, що реагує на різні види забруднення і може бути цінним показником за комплексного моніторингу якості довкілля [1].

Дослідження, проведені в країнах, що розвиваються, з низьким соціально-економічним статусом та поганим управлінням питною водою, свідчать про важливість факторів навколишнього середовища. Таким чином, вода може служити резервуаром для *H. pylori*, яка інфікує людей. Життєздатні, але некультивовані бактерії широко поширені в морському середовищі [2].

Також дослідженнями встановлено, що під час лабораторного культивування *H. pylori* накопичує генетичні зміни, які впливають на подальший фенотипічний аналіз [3].

Але за даними World Health Organization, аномальні теплові хвилі призводять до вирівнювання цих показників у поверхневих водах, що маскує антропогенне забруднення та сприяє розмноженню патогенів [4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Існують складні взаємодії між угрупованнями мікроорганізмів в епіфітних та осадових біоплівках в залежності від фізико-хімічних параметрів води [5]. Найстабільнішим компонентом поверхневих водойм є донні відклади, які здатні накопичувати політанти та можуть згодом спричинити вторинне забруднення води [6]. Мікроорганізми донних відкладень можуть відігравати роль індикаторів антропогенного навантаження на водойми. Дослідженнями виявлено в осадах найбільше анаеробних хемогетеротрофних прокаріотів і велику різноманітність некультивованих мікроорганізмів з невідомим метаболізмом, тоді як мікроорганізми метанового циклу були значно представлені у зразках з найнижчим антропогенним навантаженням [7].

За дослідженнями, які були проведені в Китаї відбувається зростання ризиків для здоров'я, спричинених зміною клімату та тенденцію до збільшення викидів вуглецю, що в свою чергу сприяє збільшенню оліготрофних груп (таких як *Acidobacteria* та *Planctomycetes*), які є ключовими у циклах вуглецю. Їхня висока чисельність свідчить про стабільність ґрунтових процесів. Збільшення хімічного навантаження на ґрунти пригнічує оліготрофів, стимулюючи копіотрофів і призводить до швидкої мінералізації гумусу та деградації ґрунту [8].

Тому, аналіз води нині включає скринінг на наявність генів резистентності до антибіотиків. У 2024 році було доведено, що стічні води є головним накопичувачем та розповсюдником резистентності в екосистемах [9].

Такі дослідження як виявлення сальмонели у воді або ґрунті є критичним показником епідемічної небезпеки. За дослідженнями Cristina García-Aljaro було встановлено здатність сальмонел переходити у стан "життєздатних, але некультивованих" бактерій під дією сонячного випромінювання або дезінфектантів. Це означає, що класичні культуральні методи можуть давати хибнонегативні результати. Тому відповідно збільшуються ризики потрапляння мультирезистентних штамів *Salmonella* у поверхневі води через змиви з полів [10].

Постановка завдання. Метою роботи було проаналізувати донні відкладення (мул), а також воду з річок Коломийського району, Івано-Франківської області.

Виклад основного матеріалу. Для досліджень на мікробіологічні показники проби води і донних відкладень (річкового мулу) були відібрані з річки Дереновець (територія села Стрільче, Коломийський район, Івано-Франківська область).

Мікробіологічні показники ґрунту: загальне мікробне число визначали відповідно до ISO 6222:1999 [11] *Escherichia coli* і коліформи згідно з ISO 9308-2:2012 [12]. Сальмонелу визначали відповідно до ISO 19250:2010 [13].

Провівши аналіз результатів відібраних зразків на мікробіологічні показники річкової води, відібраної з двох гідрологічних об'єктів – річки Левиць (до та після очищення) і річки Дереновець були визначені основні мікробіологічні показники, що характеризують санітарно-гігієнічний стан водного середовища: загальне мікробне число при температурі 37°C та 22°C, чисельність оліготрофних мікроорганізмів, колі-індекс, наявність *Escherichia coli* та патогенних бактерій роду *Salmonella*. Також проаналізовано показник невизначеність випробувань, що підтверджує метрологічну достовірність проведених вимірювань.

Так як показник загального мікробного числа при температурі інкубації 37°C є важливим показником, який характеризує наявність мікроорганізмів та впливає на оцінку санітарного стану об'єкта дослідження. За даною методикою при виявленні проходження інкубація при 37°C протягом 24 годин утворюються мезофільні мікроорганізми. До них відносять бактерії, а оптимальна температура росту потрібна бути в діапазоні 25–40°C. Було встановлено збільшення числа колоній при цій температурі, що свідчить про ймовірне забруднення антропогенною мікрофлорою, тобто мікроорганізмами та появу джерела забруднення.

Оцінка мікробіологічних показників річкової води з річок Левець та Дереновець наведена в таблиці 1.

Було встановлено, що у пробі річкової води до очищення (р. Левець) зафіксовано загальне мікробне число на рівні $1,4 \times 10^4$ КУО/см³, що відповідає помірному мікробному навантаженню. Після проведення процесу очищення концентрація мікроорганізмів збільшилась до $1,9 \times 10^4$ КУО/см³, що може бути зумовлено вторинним бактеріальним ростом у фільтраційних системах або недостатньою ефективністю дезінфекційного етапу. У воді річки Дереновець показник становив $2,4 \times 10^5$ КУО/см³, що свідчить про значно вищий рівень бактеріального обсіменіння, ймовірно пов'язаний із природним біогенним навантаженням або локальним антропогенним впливом в період військового стану. Показники невизначеності коливались у межах $\pm(0,3-0,4) \times 10^1$ КУО/см³ та підтверджують точність отриманих результатів.

Такий показник, як загальне мікробне число при 22°C вказує на наявність сапрофітних мікроорганізмів, які живуть і розмножуються у водному середовищі. Їхня кількість характеризує загальний рівень бактеріального забруднення та ефективність очищення води. Це створює занепокоєння про наявність органічних речовин у воді, які є джерелом живлення для цих мікроорганізмів.

У пробах річкової води до очищення цей показник становив до очищення води з річка Левець $1,3 \times 10^4$ КУО/см³, тоді як після очищення – $2,6 \times 10^4$ КУО/см³. Збільшення цього показника може бути пов'язано з декількома причинами: недостатньою очисткою, проблемами в системі водопостачання або вторинне забруднення та наявністю органічних домішок.

Для річки Дереновець цей показник дорівнює $3,2 \times 10^4$ КУО/см³, що свідчить про високу біологічну активність природного середовища. Показник невизначеності вимірювань був $\pm(0,3-0,6) \times 10^1$ КУО/см³ та вказує на достовірність експериментальних даних.

Наступним показником було визначено чисельність оліготрофних мікроорганізмів. Вони є представниками природної водної мікробіоти, здатними розвиватися за умов низької концентрації органічних речовин. У всіх відібраних зразках – вода до очищення, після очищення річки Левець та вода річки Дереновець – чисельність оліготрофів коливалась від 2,0 до $2,2 \times 10^4$ КУО/см³. Незначні відхилення показників можуть бути обумовлені коливаннями температури або

Таблиця 1
Оцінка мікробіологічних показників річкової води з річок Левець та Дереновець

№	Показники	Вода річкова (р. Левець, до очистки)	Вода річкова (р. Левець, після очистки)	Вода річкова (р. Дереновець)	Невизначеність випробувань		
					Вода річкова (р. Левець, до очистки)	Вода річкова (р. Левець, після очистки)	Вода річкова, р. Дереновець
1	Загальне мікробне число при $t^{\circ}=37^{\circ}\text{C}$, $^{\circ}\text{КУО}/\text{см}^3$	$1,4 \times 10^4$	$1,9 \times 10^4$	$2,4 \times 10^5$	$\pm 0,3 \times 10^1$	$\pm 0,3 \times 10^1$	$\pm 0,4 \times 10^1$
2	Загальне мікробне число при $t^{\circ}=22^{\circ}\text{C}$, $^{\circ}\text{КУО}/\text{см}^3$	$1,3 \times 10^4$	$2,6 \times 10^4$	$3,2 \times 10^4$	$\pm 0,6 \times 10^1$	$\pm 0,3 \times 10^1$	$\pm 0,4 \times 10^1$
3	Чисельність оліготрофних мікроорганізмів на $^{\circ}\text{ГА}$, тис. $^{(2)}$ $\text{КУО}/\text{г}$ ґрунту	$2,0 \times 10^4$	$2,0 \times 10^4$	$2,2 \times 10^4$	$\pm 0,6 \times 10^1$	$\pm 0,5 \times 10^1$	$\pm 0,6 \times 10^1$
4	Колі-індекс (загальна кількість коліформних бактерій в 1000 см^3 води)	7500	45000	200	в довірчих межах 14 – 230 на 95 % рівні вірогідності	в довірчих межах 71 – 2400 на 95 % рівні вірогідності	в довірчих межах 35 – 470 на 95 % рівні вірогідності
5	Визначення <i>Escherichia coli</i> в 1000 см^3	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	-	-	-
6	Патогенні мікроорганізми, в т.ч. бактерії роду <i>Salmonella</i> , в 1000 см^3	Не виявлено		Не виявлено	-	-	-

гідрохімічних параметрів середовища. Наявність високої кількості оліготрофів вказує на стійкість природної мікробіоти, які відбуваються у процесах самоочищення води. Невизначеність вимірювань у межах $\pm(0,5-0,6) \times 10^1$ КУО/см³ свідчить про високу точність визначень.

Колі-індекс відображає рівень фекального забруднення води і визначає кількість коліформних бактерій у 1000 см³ зразка. Для річкової води до очищення річки Левець цей показник становив 7500, що свідчить про помірний ступінь контамінації. Після очищення концентрація коліформних бактерій значно зросла до 45000, що може бути спричинено в результаті вторинного мікробного забруднення у процесі неефективної фільтрації. У воді річки Дереновець колі-індекс був суттєво нижчим 200, що вказує на чистіший гідроекологічний стан водойми. Зазначені довірчі межі 14–230; 71–2400; 35–470) при 95 % рівні вірогідності в залежності від відібраних проб підтверджують інформативність результатів і статистичну достовірність вимірювань.

У всіх відібраних пробах *Escherichia coli* не виявлено, що свідчить про відсутність свіжого фекального забруднення. Незважаючи на те, що попри підвищеному загальному мікробному числі, у воді не фіксується наявність санітарно-показових бактерій, властивих каналізаційним стокам. Такий результат відповідає санітарним нормам і вказує на епідеміологічну безпечність води у момент відбору проб. Також у всіх трьох пробах води патогенні мікроорганізми, включаючи бактерії роду *Salmonella*, не виявлено. Це свідчить про відсутність ризику інфекційного забруднення та епідемічної небезпеки у досліджених ділянках. Отримані результати є свідченням задовільного санітарного стану водойм, а також підтверджують ефективність природних процесів біологічного самоочищення.

Проведення мікробіологічних досліджень мулу з різних ділянок річок є важливим інструментом для оцінки екологічного стану водойми, її здатності до самоочищення, а також для виявлення джерел забруднення. Мул накопичує органічні та неорганічні речовини, тому характеристика мікрофлори відображає довготривалі зміни, в порівнянні з мікрофлорою води, яка швидко змінюватися. Тому нами було відібрані зразки мулу з річки Левець, та з річки Дереновець. В таблиці 2 подано порівняльну характеристику мікробіологічних показників мулових відкладів, відібраних із двох ділянок річки Левець мул 1 і мул 2 та однієї ділянки річки Дереновець.

Наведені дані відображають санітарно-біологічний стан досліджуваних проб, який дозволяє оцінити рівень мікробного забруднення донних відкладів у межах досліджуваних водойм.

Досліджували загальну кількість бактерій на м'ясо-пептонному агарі за такими показниками: загальна кількість бактерій була встановлена у мулі річки Дереновець та становила 20,7 млн КУО/г, що вказує на інтенсивні процеси розкладання органічної речовини в цьому зразку. У зразку Мул 1 річки Левець цей же показник становить 15,6 млн КУО/г, тоді як у Мулі 2 р. лише 2,0 млн КУО/г. Було встановлено різницю між ділянками однієї річки але при відборі в двох точках: перший зразок характеризується значно вищим мікробним навантаженням, що може бути пов'язано з локальними джерелами органічного забруднення або уповільненим водообміном. Невизначеність вимірювань для цього показника становить від $\pm 0,35$ до $\pm 1,59$, що свідчить про достатню відтворюваність результатів і прийнятний рівень довіри до отриманих даних.

Наявність бактерій групи кишкових паличок у воді є ознакою недавнього забруднення стічними водами або відходами тваринництва. Під час дощів, танення снігу

Таблиця 2
Характеристика мікробіологічних показників м'ясу з різних ділянок річок Левець та Дереновець

№	Показники	Мул 1 (річка Левець)	Мул 2 (річка Левець)	Мул, річка Дерено-вець	Невизначеність випробувань		
					Мул 1 (річка Левець)	Мул 2 (річка Левець)	Мул (річка Дереновець)
1	Загальна кількість бактерій на м'ясо-пептонному агарі, млн ⁽²⁾ КО/г	15,6	2,0	20,7	±1,59	±0,48	±0,35
2	Визначення бактерій групи кишкових паличок (БГКП), ⁽⁴⁾ colі-титр, в 1 г	0,00013	Не виявлено	Не виявлено	в довірчих межах 14 – 230 на 95 % рівні вірогідності		
3	Визначення <i>Escherichia coli</i> в 1 г	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	-	-	-
4	Патогенні мікроорганізми, в т.ч. бактерії роду <i>Salmonella</i> , в 50 г	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	-	-	-

або інших видів опадів, кишкова паличка може разом з потоком води потрапити в струмки, річки, озера, або ґрунтові води. Потім ці води можуть бути використані як джерело питної води, а через недостатню якісну очистку води на комунальних підприємствах, кишкова паличка разом з водою йде в будинки простих людей. Аналізуючи мул річки Левець було зафіксовано наявність бактерій групи кишкових паличок із солі-титром 0,00013. Це свідчить про наявність слідів фекального забруднення або антропогенного походження такого, як стічні води, побутові відходи, несанкціоновані скиди. Натомість у другому зразку мулу річки Левець та у мулі річки Дереновець їх не виявлено, що підтверджує відносно чистіші умови середовища. У таблиці 2 вказано, що результати перебувають у довірчих межах 14–230 на 95 % рівні вірогідності, що відповідає вимогам метрологічної достовірності мікробіологічних досліджень.

При аналізі зразків на бактерії *Escherichia coli* та *Salmonella* у всіх трьох зразках — Мул 1 (р. Левець), Мул 2 (р. Левець) та Мул (р. Дереновець) — бактерії не виявлено. Це свідчить про відсутність активного фекального забруднення та відносно стабільність санітарно-гігієнічного стану мулових відкладів у досліджуваній період. А також показник епідеміологічної безпеки, який засвідчує відсутність загрози поширення збудників інфекцій через донні відклади. Відсутність *Salmonella spp.* підтверджує, що досліджені водойми не зазнають інтенсивного впливу побутових чи тваринницьких стоків, які часто є джерелом таких патогенів.

Висновки. Донні відкладення (мул) річки Левець демонструють значну варіабельність мікробіологічних показників залежно від місця відбору проби.

Відібрані зразки з річки Левець демонструють збільшення бактеріальних показників після процесу очищення.

Річка Дереновець має вищу загальну чисельність бактерій, однак без ознак фекального або патогенного забруднення та характеризується вищим загальним мікробним числом, але нижчим рівнем колі-індексу, що свідчить про природне походження мікробіоти без значного антропогенного впливу.

Отримані невизначеності випробувань підтверджують достовірність даних, оскільки варіації не перевищують встановлених метрологічних меж.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Савенко М.В., Кривцова М.В., Федурця О.І. Вплив антропогенного навантаження на структуру мікробіоценозу річки Уж (Україна). *Екологічні науки*. 2021. №4(37). С. 52–59.
2. Engstrand L. Helicobacter in water and waterborne routes of transmission. *Journal of Applied Microbiology*. 2001. Vol. 90. Is. S6, P. 80S–84S. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.2001.01356.x>
3. Wylie M.R., Gilbreath J.J., Melton-Celsa A., Merrell D.S. Correlation versus causation: Helicobacter pylori population heterogeneity complicates the identification of mutant strain phenotypes. *mSphere*, 2026. Vol.11. P. e00638-25. <https://doi.org/10.1128/msphere.00638-25>
4. Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first and second addenda. World Health Organization. 2022. 622 p. <https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/69c17edd-ee26-425b-9d34-33799377e886/content>
5. Manirakiza B., Zhang S., Addo F.G., Yu M., Alklaf S.A. Interactions between water quality and microbes in epiphytic biofilm and superficial sediment of lake in trophic agriculture area. *Sci. Total Environ.* 2024. Vol. 912. P. 169321
6. Люта Н. Г., Саніна І. В. Особливості розподілу вмісту важких металів у донних відкладах у різних природно-антропогенних умовах. Мінеральні ресурси України. 2023. №1. С. 35-38.

7. Samylina O. S., Gabyshev V. A., Kosyakova A. I., Kadnikov V. V., Beletsky A. V. & Pimenov N. V. Microbial Communities of Bottom Sediments of Alas Lakes of Central Yakutia as Indicators of Agricultural Load. *Microbiology*. 2024. Vol. 93, 8-14.
8. Zhang S., Zhang C., Cai W. et al. The 2023 China report of the *Lancet* Countdown on health and climate change: taking stock for a thriving future. *The Lancet Public Health*, 2023. Vol. 8, p. e978-e995.
9. European Environment Agency. European bathing water quality in 2023. 2024. <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/european-bathing-water-quality-in-2023>
10. Boulainine D., Benhamrouche A., Ballesté E., Mezaache-Aichour S., García-Aljaro C. Fate of antibiotic resistance genes under different wastewater treatments and environmental conditions in an Algerian watershed. *Environmental Pollution*, 2025. Vol. 374. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2025.126179>
11. ISO 6222:1999 Water quality – Enumeration of culturable micro-organisms – Colony count by inoculation in a nutrient agar culture medium.
12. ISO 9308-2:2012. Water quality – Enumeration of *Escherichia coli* and coliform bacteria – Part 2: Most probable number method
13. ISO 19250:2010 Water quality – Detection of *Salmonella* spp.

Дата першого надходження статті до видання: 06.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026

ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК

Аверчев О.В.	3	Гнатюк Н.О.	360
Алексєєв А.В.	21	Головань Л.В.	350
Алексєєвич Т.М.	29	Горбась С.М.	142
Алмашова В.С.	37	Господаренко Г.М.	323
Андрейченко О.Г.	45	Грановська Л.М.	3
Андрієнко А.Л.	50	Григорів Я.Я.	150
Андрієнко О.О.	50	Грицюк Н.В.	157
Антоненко О.О.	180	Гурський І.М.	385
Баган А.В.	64	Гутий Б.В.	297
Базалій В.В.	71	Джам М.А.	166
Балабак А.В.	333	Дідур І.М.	173
Балабак О.А.	333	Довбиш Л.Л.	157
Балабак О.О.	333	Довгеля О.М.	180
Балабаш В.С.	78	Доля М.М.	114
Баланчук І.М.	221	Дрозд О.О.	264
Барбой В.Б.	314	Дудченко В.В.	203
Бердін С.І.	87	Жигайло О.Л.	213
Березовський А.А.	95	Жигайло Т.С.	213
Березовський О.В.	393	Жмур А.Й.	341
Білоус А.М.	234	Журавська І.А.	157
Боднарук В.Є.	341	Заєць С.В.	166
Боровик В.О.	101	Залевський Р.А.	29
Боцула Р.П.	114	Залізняк Я.І.	378
Боярчук С.В.	297	Засуха Л.В.	273
Бузіна І.М.	350	Зорунько В.І.	166
Бурдейний О.В.	203	Іванова І.С.	242
Василенко О.В.	333	Іванова І.С.	285
Василишина О.В.	242	Іванов В.О.	273
Василишина О.В.	249	Івахів М.А.	291
Васильковська К.В.	45	Іжболдін О.О.	21
Вдовиченко Ю.В.	305	Ільчук І.І.	297
Венгер О.В.	29	Імамов В.О.	385
Вергелес П.М.	121	Калинка А.К.	305
Вішован Ю.Ю.	393	Карасевич Н.В.	234
Власенко І.Г.	249	Китайгора А.В.	142
Водяник О.В.	133	Клименко І.В.	350
Воробець С.Б.	234	Ключевич М.М.	29
Голуб В.О.	37	Коваль С.М.	142
Голубєва Т.А.	256	Корник О.В.	305
Гурба В.С.	64	Корнієнко В.І.	393
Гангур В.В.	133	Корх І.В.	305

Кривонос І.А.....	285	Ременюк Л.М.	264
Криштов Є.А.	350	Самкова О.П.	393
Кропивка Ю.Г.....	341	Семенко Л.О.	393
Кучер С.Д.....	273	Семеняка І.М.	50
Ларченко О.В.	71	Сеник І.І.	234
Лесик О.Б.....	305	Сердюк М.Є.....	285
Лиховид П.В.	3	Сорока Я.В.....	360
Максимов Д.О.	3	Ткаліч Ю.І.	314
Мальцева О.П.....	101	Федина С.Р.	291
Мельник О.В.....	264	Цуман Н.В.....	157
Мідик С.В.	393	Чабан В.О.....	3
Мізерака Я.О.....	323	Чикін І.В.....	323
Нежнова Н.Г.....	285	Шевченко Н.О.....	333
Омельяненко О.М.	87	Шепілова Т.П.....	45
Орехівський В.Д.....	166	Шкіндер-Барміна А.М.	285
Панцирева Г.В.....	173	Osadchiy S.A.	279
Полтавченко Т.В.....	393	Zlamaniuk L.M.	279

ЗМІСТ

ЗЕМЛЕРОБСТВО, РОСЛИННИЦТВО, ОВОЧІВНИЦТВО ТА БАШТАННИЦТВО	3
Аверчев О.В., Лиховид П.В., Грановська Л.М., Чабан В.О., Максимов Д.О. Агроскологічний моніторинг із залученням технологій дистанційного зондування землі в Україні: систематичний огляд літератури	3
Алексєєв А.В., Іжболдін О.О. Вплив позакореневого застосування стимуляторів росту на врожайність та якість насіння гібридів сояшнику різних груп стиглості в умовах Північного Степу України	21
Алексєєвич Т.М., Залевський Р.А., Ключевич М.М., Венгер О.В. Заморозкостійкість рослин столового винограду в умовах Житомирщини.....	29
Алмашова В.С., Голуб В.О. Фітосанітарний моніторинг регульованих шкідливих організмів території півдня України	37
Андрейченко О.Г., Шепілова Т.П., Васильковська. Вплив регуляторів росту на формування продуктивності сояшнику в Степу України	45
Андрієнко А.Л., Семеняка І.М., Андрієнко О.О. Вплив попередників та основного обробітку ґрунту на агрофізичні властивості ґрунту та урожайність кукурудзи	50
Баган А.В. Вплив мікродобрив на продуктивність сортів пшениці м'якої озимої (<i>Triticum aestivum</i> L.)	64
Базалій В.В., Ларченко О.В. Успадкування кількісних ознак і ефективність добору цінних морфобіотипів у гібридів залежно від комбінаційної здатності сортів озимої пшениці	71
Балабаш В.С. Врожайність ріпаку озимого залежно від застосування біопрепаратів на півдні України	78
Бердін С.І., Омеляненко О.М. Ефективність мінерального удобрення сояшнику за різних попередників у Північно-Східному Лісостепу України	87
Березовський А.А. Активність окремих ферментів класу оксидоредуктаз в рослинах ячменю ярого голозерного на фоні використання біологічних препаратів.....	95
Боровик В.О., Мальцева О.П. Вплив абіотичного стресу на формування врожаю бавовнику в умовах Південного Степу України.....	101
Боцула Р.П. Особливості формування та контролю трофічних зав'язків комах-переносників збудників вірусних хвороб у Степу України	114
Вергелес П.М. Аналіз загроз поширення західного кукурудзяного жука на Вінниччині	121
Гангур В.В., Водяник О.В. Значення багаторічних бобових трав у покращенні родючості ґрунту	133
Горбась С.М., Китайгора А.В., Коваль С.М. Агротехнологічні особливості виращування лікарських рослин у різних кліматичних умовах	142
Григорів Я.Я. Формування та розвиток системи агрохімічного сервісу в Україні в умовах трансформації ринкових відносин (оглядова).....	150
Грицюк Н.В., Довбиш Л.Л., Цуман Н.В., Журавська І.А. Фітосанітарний стан агроценозів пшениці озимої залежно від внесення азотних добрив	157
Джам М.А., Орехівський В.Д., Засць С.В. Видовий склад збудників септоріозу листя пшениці озимої в умовах Південного Степу України.....	166
Дідур І.М., Панцирева Г.В. Оцінка показників безпечності моркви у контексті розвитку ринку товарної овочевої продукції в Україні	173

Довгеля О.М., Антоненко О.О. Вплив мінерального живлення та азотфіксатора на вміст хлорофілу в листках та урожайність кукурудзи	180
Донець А.О., Марченко Т.Ю., Пілярська О.О., Міщенко С.В., Лавриненко Ю.О. Динаміка видового складу сегетальних рослин в беззмінних посівах гібридів кукурудзи за різних засобів захисту при зрошенні.....	191
Дудченко В.В., Бурдейний О.В. Урожайність соняшнику залежно від заходів контролю склеротиніозу в умовах Лісостепу України.....	203
Жигайло Т.С., Жигайло О.Л. Оцінка продуктивності посівів соняшнику в Степу України за кліматичними сценаріями RCP.....	213
ТВАРИННИЦТВО, КОРМОВИРОБНИЦТВО, ЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ПЕРЕРОБКА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ.....	221
Баланчук І.М. Метаболічні та технологічні аспекти управління амінокислотним профілем у раціонах птиці	221
Білоус А.М., Сенік І.І., Карасевич Н.В., Воробець С.Б. Жито озиме гібридне (<i>Secale Cereale</i> L.) – нова кормова культура в Україні.....	234
Василишина О.В., Іванова І.Є. Вплив способу зберігання плодів вишні на інтенсивність дихання	242
Василишина О.В., Власенко І.Г. Методи хімічного аналізу та очищення води у системах харчової промисловості	249
Голубєва Т.А. Використання фітобіотиків у годівлі перепелів.....	256
Дрозд О.О., Мельник О.В., Ременюк Л.М. Товарність і фізичні показники яблук сорту глостер залежно від режиму охолодження, обробки дерев етиленпродуцентом та плодів інгібітором етилену	264
Засуха Л.В., Іванов В.О., Кучер С.Д. Спосіб очищення повітря та підвищення продуктивності тварин шляхом дозованого озонування.....	273
Zlamaniuk L.M., Osadchiy S.A. Genealogy of Thoroughbred Prize-Winning Racehorses	279
Іванова І.Є., Сердюк М.Є., Кривонос І.А., Шкіндер-Барміна А.М., Нежнова Н.Г. Втрати маси плодів черешні та вишні за дії способу попереднього охолодження	285
Івахів М.А., Федина С.Р. Вплив гомогенату трутневого розплоду на фізико-біохімічні, морфологічні та функціональні показники сперми кнурів-плідників	291
Ільчук І.І., Боярчук С.В., Гутий Б.В. Оцінка амінокислотного профілю продуктів переробки соняшнику як альтернативи рибному борошну	297
Калинка А.К., Лесик О.Б., Вдовиченко Ю.В., Корх І.В., Корник О.В. Особливості формування м'ясної продуктивності різних створених генотипів бугайців нової популяції м'ясних комолих сименталів жуйних в різних регіонах України.....	305
МЕЛІОРАЦІЯ І РОДЮЧІСТЬ ҐРУНТІВ	314
Барбой В.Б., Ткаліч Ю.І. Вплив різних норм післясходових гербіцидів і робочої рідини на продуктивність соняшнику.....	314
Господаренко Г.М., Чикін І.В., Мізерака Я.О. Вплив удобрення в польовій сівозміні агрохімічні властивості ґрунту	323

ЕКОЛОГІЯ, ІХТІОЛОГІЯ ТА АКВАКУЛЬТУРА	333
Балабак А.В., Василенко О.В., Балабак О.А., Шевченко Н.О., Балабак О.О. Оцінка ефективності впровадження сучасних технологій збирання твердих побутових відходів у системі муніципального управління на прикладі міста Умань	333
Боднарук В.Є., Кропивка Ю.Г., Жмур А.Й. Генетична структура та ізоферментний спектр червоно-рябих голштинів	341
Бузіна І.М., Головань Л.В., Криштон Є.А., Клименко І.В. Інтегрований радіоекологічний підхід до моніторингу та моделювання впливу іонізуючого випромінювання на біорізноманіття лісостепових екосистем	350
Гнатюк Н.О., Сорока Я.В. Алелопатичний потенціал лікарських рослин та його роль у регулюванні стану агрофітоценозів у Лісостепу України.....	360
Дудар В.В. Ризик-орієнтований підхід до визначення порогових концентрацій вибухових речовин у ґрунтах (на прикладі 2,4,6-тринітротолуену) та можливості його застосування в Україні	367
Залізняк Я.І. Екологічне пізнання: інтеграція теоретичних основ та практичних рішень у збереженні водних ресурсів	378
Імамов В.О., Гурський І.М. Вплив дощових вод на формування екологічних ризиків у транспортних зонах міст	385
Корнієнко В.І., Мідик С.В., Семенко Л.О., Вішован Ю.Ю., Самкова О.П., Березовський О.В., Полтавченко Т.В. Оцінка річкової води та донних відкладень на основі Мікробіологічних показників.....	393

CONTENTS

AGRICULTURE, CROP PRODUCTION, VEGETABLE AND MELON GROWING.....	3
Averchev O.V., Lykhovyd P.V., Hranovska L.M., Chaban V.O., Maksymov D.O. Agroecological monitoring using remote sensing in Ukraine: A systematic literature review.....	3
Aleksieiev A. V., Izhboldin O. O. Effect of foliar application of growth stimulants on seed yield and quality of sunflower hybrids of different maturity groups under the conditions of the Northern Steppe of Ukraine	21
Alekseevich T.M., Zalevsky R.A., Kliuchevych M.M., Venger O.V. Frost resistance of table grape plants in the Zhytomyr region.....	29
Almashova V.S., Golub V.O. Phytosanitary monitoring of regulated harmful organisms in southern Ukraine	37
Andreichenko O.H., Shepilova T.P., Vasytkovska K.V. The effect of growth regulators on the development of sunflower yield in the Ukrainian Steppe.....	45
Andriienko A.L., Semeniaka I.M., Andriienko O.O. The effect of previous crops and primary tillage on soil agrophysical properties and maize yield	50
Bahan A.V., Hurba V.S. The influence of microfertilizers on the productivity of soft winter wheat varieties (<i>Triticum aestivum</i> L.)	64
Bazaliy V.V., Larchenko O.V. Inheritance of quantitative traits and selection efficiency of valuable morphobiotypes in hybrids depending on the combining ability of winter wheat varieties.	71
Balabash V.S. Yield of rape seed (winter) depending on the use of biological products in the south of Ukraine.....	78
Berdin S.I., Omelyanenko O.M. Effectiveness of mineral fertilization of sunflower under different predecessors in the North-Eastern Forest-Steppe of Ukraine	87
Berezovskyi A. A., The activity of selected enzymes of the oxidoreductase class in spring naked-grain barley plants following the application of biological agents	95
Borovyk V., Maltseva O. Influence of Abiotic Stress on Cotton Yield Formation under the Conditions of the Southern Steppe of Ukraine	101
Botsula R.P., Dolia M.M. Features of Formation and Control of Trophic Interactions of Insect Vectors of Plant Viral Diseases in the Ukrainian Steppe	114
Verheles P.M. Analysis of the Spread Risk of the Western Corn Rootworm in the Vinnytsia Region.....	121
Hanhur V.V., Vodianyuk O.V. The importance of perennial legumes in improving soil fertility.....	133
Horbas S.M., Kytaihora A.V., Koval S.M. Agrotechnological aspects of medicinal plant cultivation in various climatic conditions.....	142
Hryhoriv Ya.Ya., Formation and Development of the Agrochemical Service System in Ukraine under the Conditions of Market Relations Transformation	150
Hrytsiuk N.V., Dovbysh L.L., Tsuman N.V., Zhuravska I.A. Phytosanitary state of agrocenoses of winter wheat depending on the application of nitrogen fertilizers	157
Dzham M.A., Orekhivskyi V.D., Zorunko V.I., Zaiets S.V. Species composition of causants of septoriosiis of winter wheat leaves in the conditions of the southern steppe of Ukraine	166

Didur I.M., Pantsyryeva H.V. Assessment of carrot safety indicators in the context of the development of the market for commercial vegetable products in Ukraine.....	173
Dovhelia O.M., Antonenko O.O. The effect of mineral nutrition and nitrogen fixer on the chlorophyll content in leaves of maize and its yield.....	180
Donets A.O., Marchenko T.Yu., Piliarska O.O., Mishchenko S.V., Lavrynenko Y.O. Dynamics of the species composition of segetal plants in permanent crops of maize hybrids under different means of protection during irrigation.....	191
Dudchenko V.V., Burdeinyi O.V. Sunflower Yield as Affected by Sclerotinia Control Measures under the Conditions of the Forest-Steppe Zone of Ukraine.....	203
Zhygailo T.S., Zhygailo O.L. Assessment of Sunflower Crop Productivity in the Steppe Zone of Ukraine under RCP Climate Scenarios	213
ANIMAL HUSBANDRY, FEED PRODUCTION, STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTS	221
Balanchuk I. Metabolical and technological aspects of management of the amino acid profile in poultry diets.....	221
Bilous A.M., Senyk I.I., Karasevych N.V., Vorobets S.B. Hybrid winter rye (<i>Secale cereale</i> L.) – a new forage crop in Ukraine.....	234
Vasylyshyna O.V., Ivanova I.Ie. The effect of sour cherry storage methods on respiration intensity.....	242
Vasylyshyna O.V., Vlasenkno I.G. Methods of chemical analysis and water purification in food industry systems.....	249
Holuibeveva T.A. Use of phytobiotics in quail feeding	256
Melnyk O., Drozd O., Remeniuk L. Marketability and physical parameters of Gloster apples depending on the cooling mode, treatment of trees with Ethephon and fruits with ethylene inhibitor.....	264
Zasukha L.V., Ivanov V.O., Kucher S.D. A method of air purification and increasing animal productivity by dosed ozonation	273
Zlamaniuk L.M., Osadchiy S.A. Genealogy of Thoroughbred Prize-Winning Racehorses	279
Ivanova I.Ye., Serdyuk M.Ye., Kryvonos I.A., Shkinder-Barmina A.M., Nezhnova N.H. Loss of weight of cherries and sour cherries due to the effects of pre-cooling	285
Ivakhiv M.A., Fedyna S.R. The effect of drone brood homogenate on the physicochemical, morphological, and functional parameters of boar semen	291
Ilchuk I.I., Boyarchuk S.V., Hutyi B.V. The impact of resource-saving soil treatment technologies on infestation and damage of winter wheat by harmful phytophagous insects in the forest-steppe of Ukraine	297
Kalinka A.K., Lesyk O.B., Vdovichenko Y.V., Korkh I.V., Kornyk O.V. Eatures of the formation of meat productivity of various created genotypes of buhaitians of a new population of meat numbers of simmental ruminants in various regions of Ukraine.....	305
MELIORATION AND SOIL FERTILITY	314
Barboy V.B., Tkulich Yu. I. The influence of different rates of post-emergence herbicides and working fluid on sunflower productivity	314

Hospodarenko H.M., Chykin I.V., Mizeraka Y.O. Impact of Fertilization Systems in Field Crop Rotation on Soil Agrochemical Properties	323

ECOLOGY, ICHTHYOLOGY AND AQUACULTURE 333

Balabak A.V., Vasylenko O.V., Balabak O.A., Shevchenko N.O., Balabak O.O. Assessment of the effectiveness of implementing modern technologies for municipal solid waste collection in the municipal management system: the case study of the city of Uman.....	333

Bodnaruk V. Y., Kropyvka Yu. G., Zhmur A. J. Genetic structure and isoenzyme spectrum of Red-and-White Holsteins	341

Buzina I.M., Holovan L.V., Chupryna Yu.Yu., Kryshtop Y.A., Klymenko I.V. Integrated radioecological approach to monitoring and modeling the impact of ionizing radiation on biodiversity in forest-steppe ecosystems.....	350

Hnatiuk N.O., Soroka Ya.V. Allelopathic potential of medicinal plants and its role in regulating the state of agrophytocenoses in the Forest-Steppe of Ukraine.....	360

Dudar V. Risk-based approach to determining threshold concentrations of explosive substances in soils (using 2,4,6-trinitrotoluene as an example) and the possibilities of its application in Ukraine	367

Zalizniak Ya. I. Ecological Cognition: Integration of Theoretical Foundations and Practical Solutions in the Conservation of Water Resources	378

Imamov V.O., Gurskyi I.M. The impact of rainwater on the formation of environmental risks in urban transport zones	385

Korniyenko V.I., Midyk S.V., Semenko L.O., Vishovan Yu.Yu., Samkova O.P., Berezovskyi O.V., Poltavchenko T.V. Assessment of river water and bottom sediments based on microbiological indicators	393

Таврійський науковий вісник

Випуск 148

Частина 1

Серія: Сільськогосподарські науки

Дата розміщення онлайн – 22.05.2026 р.
Дата друку – 25.05.2026 р.

Формат 70×100/16. Папір офсетний.
Умовн. друк. арк. 33,31. Зам. № 0626/589

Видавництво і друкарня – Видавничий дім «Гельветика»
65101, м. Одеса, вул. Інглезі, 6/1
Телефони: +38 (095) 934 48 28, +38 (097) 723 06 08
E-mail: mailbox@helvetica.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 7623 від 22.06.2022 р.