

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 3**



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. 3. 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 631.4:633.16

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.3.1>

ПОРІВНЯННЯ ПРОДУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ГІБРИДІВ ТОМАТІВ ЗА ВИРОЩУВАННЯ В УМОВАХ ЗАКРИТОГО ҐРУНТУ У КИЇВСЬКІЙ ОБЛАСТІ

Осипова Л.С. — к.с.-г.н.,

доцент кафедри агрономії та землеустрою,

Східноукраїнський університет імені Володимира Даля

orcid.org/0000-0003-3029-1286

Коляда В.П. — к.с.-г.н.,

доцент кафедри агрономії та землеустрою,

Східноукраїнський університет імені Володимира Даля,

orcid.org/0000-0003-2682-5687

Халін С.Ф. — к.с.-г.н.,

завідувач кафедри агрономії та землеустрою,

Східноукраїнський університет імені Володимира Даля

orcid.org/0000-0003-2682-5687

Бубнікович А.В. — викладач кафедри агрономії та землеустрою,

Східноукраїнський університет імені Володимира Даля

orcid.org/0000-0001-6553-321X

У даній роботі авторами представлено результати досліджень продуктивних і біометричних особливостей індетермінантних гібридів томату Пінк Делайт F1 (Ergon Seed®), Фінлі F1 (Kitano Seeds®) та Мамстон F1 (Syngenta Seeds®) за вирощування в умовах закритого ґрунту Київської області. Актуальність роботи зумовлена зростанням попиту на свіжу овочеву продукцію, необхідністю адаптації технологій вирощування томатів до кліматичних змін та підвищення економічної ефективності тепличного овочівництва у північних регіонах України. Метою досліджень було порівняння біометричних показників рослин у ключові фази розвитку, оцінка їх товарної якості і продуктивності плодів в поєднанні з аналізом економічної ефективності вирощування гібридів різних оригінальних в умовах Київської області. Дослідження проводили у 2024 році в тепличному фермерському господарстві



© Осипова Л.С., Коляда В.П., Халін С.Ф., Бубнікович А.В., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Київської області на торф'яному низинному ґрунті з використанням краплинного зрошення та органічних добрив на основі пташиного посліду власного виробництва. Встановлено, що гібриди томату суттєво відрізнялися за динамікою росту, площею листової поверхні, середньою масою плодів та рівнем урожайності. Найвищу загальну врожайність за період вегетації забезпечив гібрид Фінлі F1 – 14,7 кг/м², тоді як найбільшу середню масу плодів сформував гібрид Мамстон F1 – 152,8 г. Найвищі показники товарної якості плодів відзначено у гібриду Пінк Делайт F1 (понад 91 %). Економічна оцінка показала, що вирощування гібриду Фінлі F1 є найбільш рентабельним (46,3 %) за рахунок оптимального поєднання врожайності, собівартості та чистого прибутку. Отримані результати можуть бути використані для оптимізації підбору гібридів томату при вирощуванні в закритому ґрунті в умовах тепличних господарств Полісся та Лісостепу України.

Ключові слова: продуктивність, томати, біометричні показники, закритий ґрунт, економічна ефективність.

Osypova L.S., Koliada V.P., Khalin S.F., Bubnikovych A.V. Comparison of productive characteristics of tomato hybrids grown in greenhouse soil conditions in the Kyivka region

In this paper, the authors present the results of studies on the productive and biometric characteristics of indeterminate tomato hybrids Pink Delight F1 (Ergon Seed®), Finley F1 (Kitano Seeds®), and Mamston F1 (Syngenta Seeds®) grown in greenhouse ground conditions in the Kyiv region. The relevance of the work is due to the growing demand for fresh vegetable products, the need to adapt tomato cultivation technologies to climate change, and the need to increase the economic efficiency of greenhouse vegetable growing in the northern regions of Ukraine.

The aim of the research was to compare the biometric indicators of plants at key stages of development, assess their marketability and vegetable productivity, and analyze the economic efficiency of growing hybrids from different originators in the Kyiv region. The research was conducted in 2024 at a greenhouse farm in the Kyiv region on lowland peat soil using drip irrigation and organic fertilizers based on bird droppings of our own production. It was found that tomato hybrids differed significantly in growth dynamics, leaf area, average fruit weight, and yield. The highest total yield during the growing season was provided by the Finley F1 hybrid – 14.7 kg/m², while the highest average vegetable weight was formed by the Mamston F1 hybrid – 152.8 g. The highest vegetable marketability indicators were observed in the Pink Delight F1 hybrid (over 91%). Economic evaluation showed that growing the Finley F1 hybrid is the most profitable (46%) among the others. The economic assessment showed that growing the Finley F1 hybrid is the most profitable (46.3%) due to the optimal combination of yield, cost, and net profit. The results obtained can be used to optimize the selection of tomato hybrids for cultivation in closed ground in the greenhouse farms of Polissya and the Forest-Steppe of Ukraine.

Key words: productivity, tomatoes, biometric indicators, greenhouse soil, economic efficiency.

Постановка проблеми. Згідно зі світовою статистикою, на ринку аграрної продукції залишається високий попит на овочеву продукцію, значну частку якої складає помідор однорічний (томат, *Solanum lycopersicum* L.) з родини пасльонових. І хоча основні країни-виробники в міжнародній торгівлі помідорами, це – Мексика, Іспанія, Італія, Туреччина, Єгипет та США, в інших країнах цікавість до даної овочевої рослини також поступово зростає [1, с. 160]. Так, до країн де виробництво томатів в найближчі роки зросте найбільше, можна віднести Австралію – де планується зростання на 103 %, Китай – з можливим зростанням обсягів на 38 %, Греція – на 23 %, Чилі – на 21 % та Україна – на 20 % [2].

Томати лишаються одним з найбільш популярних овочів в Україні, про що свідчить зростаючий споживчий попит на них та продукцію їх переробки, який протягом останніх років продовжує зростати до півмільона тон за рік [2].

Враховуючи все вищезазначене можна припустити, що помідор лишається тією овочевою культурою, виробництво та споживання якої має великі перспективи до зростання, а продуктивні особливості привертають увагу виробників і в Україні, і за кордоном.

Відомо, що для північних регіонів нашої країни (наприклад, таких як Київська область) питання нестачі якісної та доступної вітчизняної овочевої продукції

стає особливо актуальним у холодну пору року. В природних умовах Лівобережного Лісостепу, які не є оптимальні для висаджування помідорів у відкритому ґрунті, зростання валового збору даної культури можна досягти за рахунок розповсюдження розсади та збільшення площ під вирощуванням в умовах закритого ґрунту. Даний напрямок досліджень на нашу думку має високу актуальність і перспективність в контексті підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва, забезпечення стабільності отримання врожаю овочевими з одночасним зниженням витрат на догляд за рослинами завдяки постійній оптимізації технології вирощування.

Постановка завдання. Метою даної роботи є порівняння біометричних характеристик гібридів томату різних виробників в ключові фази розвитку та основних показників формування продуктивності рослин за умов вирощування в закритому ґрунті. Окрема частина інформації буде присвячена і питанню оцінки економічної ефективності вирощування томатів інваріантного типу від різних оригінаторів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Подальші перспективи збільшення обсягів виробництва томатів в Україні виглядають реальними та можливими за умов продовження впровадження інноваційних технологій вирощування, як наприклад, це вже відбувається у Польщі, де реалізуються комплексні програми для забезпечення продовольством населення та підвищення рівня експорту. В таких умовах вирішується питання комплексного підходу до розв'язання проблем розвитку ринку овочів зокрема, та сільського господарства в цілому [3, с. 108]. З огляду на це, проведення досліджень в сфері оптимізації технології вирощування томатів у закритому ґрунті шляхом підбору оптимальних за продуктивністю та якістю гібридів томату може стати одним з шляхів забезпечення сезонних потреб населення країни овочами, вирощеними в умовах захищеного закритого ґрунту [4, с. 181; 5, с. 90].

З іншого боку, проблема кліматичних змін нікуди не дівається і продовжує позначатися на урожайності та якості всієї продукції рослинництва, включно з овочівництвом. Наприклад, стрімкі підвищення середньорічних температур можуть спричиняти стресові умови для рослин, призводячи до зниження продуктивності та погіршення якості плодів. Інші непередбачувані прояви погодних умов у вигляді сильних дощів або тривалих засух, також можуть негативно позначитися на кількості та якості вирощеної томатної продукції [6, с. 20]. Активний пошук способів адаптації до кліматичних змін клімату призводить до оптимізації сучасних технологій вирощування овочевих, серед яких – використання плівкових теплиць, встановлення крапельних систем поливу, організація систем автоматизації контролю мікроклімату виробничих приміщень з метою забезпечення оптимальних умов зростання та розвитку рослин навіть за несприятливих погодних умов впродовж року. Іншим фактором оптимізації технології вирощування томатів виступає розвиток сортового ряду тих томатів, які характеризуються високою стабільністю до кліматичних змін. Вирішенню даного питання сприяє створення оригінаторами (виробниками) нових більш стійких сортів і гібридів томатів, здатних забезпечити сталий врожай рослин навіть за несприятливих умов їх вирощування [7, с. 63; 8, с. 90].

З огляду на все вищезазначене, актуальність оптимізації технології вирощування томатів у контексті кліматичних змін полягає саме у необхідності адаптації сучасного сортового та гібридного матеріалу до вимог забезпечення безперервного вирощування цієї популярної овочевої культури з родини пасльонових. В таких умовах оцінка біометричних характеристик гібридів томату в ключові

фази розвитку рослини, встановлення ключових показників формування продуктивності та економічної привабливості вирощування рослин можуть частково компенсувати обмежений обсяг інформації про шляхи оптимізації вирощування даної овочевої культури та сприяти популяризації її вирощування в умовах закритого ґрунту в північних районах нашої країни.

Виклад основного матеріалу. Дослідження продуктивності різних гібридів томату однорічного проводили в умовах ФГ «Камінський і Ко» впродовж 2024 р. Дане фермерське господарство розташоване у с. Горенка Києво-Святошинського району Київської області. Виробничою спеціалізацією господарства на поточний період є змішане сільське господарство. В господарстві займаються вирощуванням свійської птиці, що дає можливість періодичного внесення пташиного посліду у якості органічних добрив. Ґрунт в межах дослідної ділянки (дослідної теплиці) – торф'яний низинний ґрунт з високим умістом поживних речовин (гумусу).

Закладення дослідів, моніторинг, облік та відбір зразків проведено згідно з роботами Єщенко В. О., Копитко П. Г., Костоґриз П. В. та ін. (2014), Рожкова А. О., Пузіка В. К., Каленської С. М. та ін., (2016) [9, с. 213; 10, с. 118, 123].

Крапельний полив, підживлення та підготовка (розпушення) ґрунту здійснювалися у відповідності до технологічних вимог вирощування гібридів томатів. В дослідженні використовували гібриди томату (помідору) індетермінантного типу, а саме Пінк Делайт F1 (Ergon Seed®), Фінлі F1 (Kitano Seeds®), Мамстон F1 (Syngenta Seeds®) [11].

Завдання дослідження відповідно до мети включали в себе: порівняння біометричних характеристик гібридів томату різних виробників в ключові фази розвитку, оцінку показників, які визначають продуктивні властивості гібридів томату індетермінантного типу та порівняння економічної ефективності їх вирощування в умовах закритого ґрунту в Київській області.

На первинному етапі робіт насіння кожного гібриду томату висівали у спеціальні посівні касети на початку березня. Коли з'являлися перші сходи, рослини пересаджували у ємності об'ємом 1 літр та розташовували у теплиці. Кожен день проводили розпушування ґрунту та його полив. На початку травня, коли у рослини з'являлось 5-6 листків, її пересаджували у плівкову теплицю на постійне місце. Дослідження проводили на ділянці під теплицею площею 10 м², 5 м² з якої – були обліковими. Технологія вирощування культури включала в себе підготовку насіння для посадки шляхом вибракування некондеційних насінин та 30-хвилинне їх дезінфікування 1% розчином марганцю з подальшим промиванням проточною водою і підсушуванням на паперовій серветці.

Підготовка теплиці на початку квітня включала в себе: 1) перевірку металевих шпалер; 2) підключення краплинного поливу; 3) покриття теплиці плівкою і подальша перевірка на наявність дірок, протягів чи тріщин; 4) 3-денну дезінфекцію каркасу теплиці, ємностей та обладнання 2-5 % розчином формаліну (200–500 мл 37% формаліну на 10 л води).

Перед посадкою рослин томату на постійне місце вибраковували ті рослини, що мали помітні дефекти, були хворі, слабкі або з покрученим листям. До кожної рослини після цього підводили крапельний полив, а щоб стебла томату не падали, через декілька днів після посадки їх підв'язували шпагатом до шпалер. Догляд за кожною з рослин здійснювали в індивідуальному порядку впродовж тижня, видаляючи при цьому бічні пасинки для того, щоб сформулювати одне головне стебло. Також проводили огляд на наявність хвороб, після чого хворі пагони видалялись. Для підживлення рослин використовували органічне добриво власного

виробництва на основі пташиного посліду, будь-яких інших неорганічних добрив не використовували. Полив проводили в подальшому 1-2 рази на тиждень у ранковий чи вечірній час під корінь крапельним способом з тим, щоб уникнути потрапляння води на листки томату, оскільки це могло призвести до появи грибкових хвороб чи опіків листя. На початку періоду плодоношення проводили вибірковий збір плодів тричі на тиждень, а після закінчення періоду збирали усі плоди, що залишалися, після чого зрізали стебла рослин і вивозили з теплиці, звільняючи площу під рослини наступного року.

Для дослідження продуктивних властивостей томату використовували три гібриди помідору індетермінантного типу: Пінк Делайт F1, Фінлі F1, Мамстон F1.

Томат Пінк Делайт F1 - ранньостиглий, індетермінантний та стресостійкий гібрид рожевоплідного томату від голландських селекціонерів з компанії Ergon Seed. Успішно вирощується у відкритому ґрунті та в теплицях або під плівковими укриттями. Як у першому, так і у другому обороті. Рослина високоросла, потужна, має рясне листя та розвинену кореневу систему. Рівномірно навантажена плодами, продовжує формувати зав'язь навіть при стресових впливах і стрибках температур. Стійка до вірусу мозаїки, фузаріозу, вертицильозу та галової нематоди. Потенціал урожайності – до 8 кг із 1 м².

Томат Фінлі F1 – ранній високоврожайний індетермінантний гібрид виведений фахівцями нідерландської насінневої компанії Kitano Seeds. Призначений для вирощування в плівкових теплицях, а також у відкритому ґрунті при використанні тимчасового укриття. Рослина індетермінантна (високоросла), має потужне, збалансоване стебло. Має хорошу зав'язь навіть в стресових умовах зростання. Плоди червоні, тверді, овально-округлої форми, середня маса становить 250-500 грам.

Томат Мамстон F1 – ранній індетермінантний гібрид, виведений фахівцями нідерландської компанії Syngenta Seeds. Рослина культивується в теплицях для отримання раннього врожаю. Кущ сильний, з потужним корінням, середньою кількістю листя, висотою до 2 м, з короткими міжвузлями та вагою плодів до 230-250 г. Рослина має високу стійкість до кладоспоріозу, фузаріозу, вірусу тютюнової мозаїки, не уражається вершинною гниллю, а також середньостійка до вірусу бронзовості томатів.

На основі проведених досліджень нами встановлено, що перші сходи з'являлися у томатів нерівномірно, з різницею у дві доби. Так, першими з'явилися сходи у індетермінантного гібриду томату Фінлі F1, на наступну добу з'явилися сходи гібриду Пінк Делайт F1. А вже на другу добу після появи перших сходів гібриду Фінлі F1 з'являлися сходи гібриду Мамстон F1. Таким чином, на момент появи перших сходів останнього гібриду у гібриду Фінлі F1 вже почали з'являтися загальні сходи і вже через дві доби у всіх рослин томату було зафіксовано появу сходів. Отримані результати порівняння всіх зазначених ознак для різних гібридів томату наведено у таблиці 1.

Спочатку томати в системі досліджень росли повільно, але після виконання пікірування – темпи росту почали пришвидшуватися. Перший справжній листок томату з'являвся десь через 5 діб після появи загальних сходів, а решта листів – впродовж наступних тижнів. Дослідження, проведені до розсадного періоду показали, що біометричні показники рослин не мали істотних відмін між собою в залежності від гібриду. У подальшому ж, динаміка росту різних гібридів відрізнялася між собою. Таким чином на період цвітіння існувала можливість чіткої фіксації відмін біометричних характеристик рослин, що і відображено в таб. 2.

Таблиця 1

**Фази розвитку гібридів томату (усереднені показники
для всіх рослин кожного гібриду томату окремо)**

Назва гібриду	Появлення сходів, дата	Час переходу рослини у фазу цвітіння, діб	Час переходу рослини від фази цвітіння, до початку плодоношення, діб	Час збору урожаю (від першого до останнього), діб
Фінлі F1	12.03	55	73	82
Пінк Делайт F1	13.03	54	74	82
Мамстон F1	14.03	54	74	82

Таблиця 2

**Біометричні характеристики гібридів томату у фазі цвітіння (усереднені
показники для всіх рослин кожного гібриду окремо)**

Назва гібриду	Довжина стебла, см	Кількість листків на рослині, шт.	Загальна площа листової поверхні на рослині, см ²	У порівнянні з гібридом Фінлі F1		
				Довжина стебла, см	Кількість листоків на рослині, шт.	Загальна площа листової поверхні на рослині, см ²
Фінлі F1	102	14,2	1490	-	-	-
Пінк Делайт F1	95	12,7	1396	-7	-1,5	-94
Мамстон F1	103	14,1	1439	1	-0,1	-51

За даними представленими в Таблиці 2 видно, що гібрид томату Мамстон F1 мав найбільшу довжину стебла – 103 см, а Фінлі F1 – меншу, на рівні 102 см. Найнижчим був гібрид томату Пінк Делайт F1 з довжиною стебла 95 см (що менше на 7,8% у порівнянні з Мамстон F1).

Якщо оцінювати середню кількість листків та загальну площу листової поверхні, то можемо побачити, що гібрид томату Фінлі F1 був першим за кількістю листків (14,2 шт) та мав найбільшу загальну листову поверхню (1490 см²) на рослині. На другому місці був гібрид Мамстон F1 (з показниками кількості листків 14,1 шт та площею листка 1439 см² відповідно). На останньому місці – гібрид Пінк Делайт F1 з показниками кількості листків 12,7 шт та площею листка 1396 см² відповідно). Кількість китиць у рослин всіх гібридів коливалась при цьому від 2 до 3 штук. Таким чином, на момент фази цвітіння гібридів томату було помітне переважання біометричних характеристик гібридів томату Фінлі F1 та Мамстон F1, порівняно з Пінк Делайт F1. На додачу до цього нами було проведено вимірювання біометричних характеристик гібридів томату безпосередньо у фазі плодоношення. Розбіжності за характеристиками збільшились порівняно з біометричними характеристиками гібридів на період фази цвітіння, що і видно з Таблиці 3.

На даному етапі встановлена максимальна довжина стебла, яка у середньому була найдовжа для гібриду томату Фінлі F1 – 272 см. Наступним за довжиною був гібрид томату Мамстон F1 – 269 см, а найменший показник довжини стебла мав гібрид томату Пінк Делайт F1 – 251 см (що на 21 см менше, ніж Фінлі F1, тобто на 7,7%).

Таблиця 3

**Біометричні характеристики гібридів томату у фазі плодоношення
(усереднені значення для всіх рослин кожного гібриду)**

Назва гібриду	Довжина стебла, см	Кількість листків на рослині, шт.	Загальна площа листкової поверхні на рослині, см ²	Середня маса одного плоду, г	У порівнянні з гібридом Фінлі F1			
					Довжина стебла, см	Кількість листків на рослині, шт.	Загальна площа листкової поверхні на рослині, см ²	Середня маса одного плоду, г
Фінлі F1	72	8,9	9036	126	-	-	-	-
Пінк Делайт F1	51	7,7	7808	102	21	1,2	1228	24
Мамстон F1	69	8,7	8530	151	-3	0,2	506	25

По кількості листків та загальній площі листкової поверхні позиції змінились несуттєво. Найвищі значення спостерігали у гібриду Фінлі F1, для якого кількість листків у середньому на рослині дорівнювала 28,9 шт, маючи при цьому загальну площу листкової поверхні 9036 см². Наступним гібридом був Мамстон F1 з показниками 28,7 шт. листків та площею загальної листкової поверхні на рівні 8530 см² відповідно. Найменші значення були у гібриду Пінк Делайт F1 з показниками 27,7 шт. листків на рослині та площею загальної листкової поверхні 7808 см² відповідно. Кількість китиць для гібридів варіювалася на рівні від 9 до 12 штук, але найбільшу їх кількість було помічено у окремих рослин гібридів томату Фінлі F1, а найменшу - у Пінк Делайт F1. Кількість плодів на китиці томату коливалась при цьому від 4 до 5 штук для всіх гібридів.

Найбільша середня маса одного плоду томату була властива гібриду Мамстон F1 – 151 г, за яким наступним був гібрид Фінлі F1, маючи середню масу плоду на рівні 126 г. Найменший показник середньої маси плоду спостерігали для гібриду томату Пінк Делайт F1 – 102 г (що в свою чергу на 32% менше, ніж для гібриду томату Мамстон F1). Отже, на даному етапі проведення досліджень нами було сформульовано проміжний висновок про те, що динаміка росту рослин томату була приблизно однаковою, але окремі характеристики рослин (довжина стебла, кількість листків і їхня загальна поверхня) помітно відрізнялись в залежності від характеристик гібридів.

На наступному етапі досліджень ми оцінювали низку тих показників гібридів томату, які визначали їх продуктивність та готовність до збирання врожаю. З таблиці 4 видно, що найбільша врожайність у перший місяць була у гібриду томату Фінлі F1 – 5,3 кг/м², за яким слідує Мамстон F1 з врожайністю 4,9 кг/м² (що на 8,5% менше, ніж у Фінлі F1). Найнижчий за врожайністю гібрид Пінк Делайт F1 – 4,9 кг/м², що на 17% менше, ніж у гібриду Фінлі F1. Що ж стосується загальної врожайності за період досліду (4 місяці), то бачимо, що гібрид Фінлі F1 переважає інші з результатом 14,7 кг/м², а наступним є гібрид Мамстон F1 – 14,0 кг/м², що на 4,8% менше, ніж у Фінлі F1. Гібрид томату Пінк Делайт F1 з рівнем врожайності 13,2 кг/м² демонструє значення на 10,2% менше, ніж у Фінлі F1) (табл. 4).

Таблиця 4

Врожайність гібридів томату в залежності від місяця

Назва гібриду	Врожайність, кг/м ²					Врожайність у порівнянні з гібридом Фінлі F1, кг/м ²				
	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Загальна	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Загальна
Фінлі F1	5,3	4,4	3,9	1,1	14,7	-	-	-	-	-
Пінк Делайт F1	4,4	4,0	3,8	1,0	3,2	0,9	0,4	0,1	0,1	1,5
Мамстон F1	4,9	4,2	3,8	1,1	4,0	0,4	0,2	0,0	0,0	0,7

Якщо розглядати врожайність гібридів по місяцям, то можна побачити поступовий спад врожайності з кожним місяцем (табл. 5), в результаті чого найбільший врожай підпадає саме на перший місяць. В кінцевому ж результаті показники врожайності гібридів томату розподілилися наступним чином (табл. 5).

Таблиця 5

Співвідношення врожайності у кожен окремих місяць до усієї врожайності для кожного гібриду окремо, %

Назва гібриду	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	У порівнянні з гібридом Фінлі F1			
					Липень	Серпень	Вересень	Жовтень
Фінлі F1	6,1	29,9	26,5	7,5	-	-	-	-
Пінк Делайт F1	3,3	30,3	28,8	7,6	-2,8	0,4	2,3	0,1
Мамстон F1	5,0	30,0	27,1	7,9	-1,1	0,1	0,6	0,4

Наступним важливим фактором продуктивності томату є товарна якість його плодів. Товарна якість – це сукупність характеристик плоду, які визначають його придатність до реалізації на ринку. До цих характеристик входять зовнішній вигляд (помідори не повинні мати подряпин, пошкоджень, плям чи інших дефектів; також у помідорів має бути характерний колір), форму (форма має бути округлою), розмір (не має бути занадто малою), щільність (вони не мають бути занадто твердими чи м'якими, щоб не пошкодитись при транспортуванні), стиглість (ніхто не буде купляти не стиглі помідори) та відсутність шкідників (таких, як дротяники, паросткові мухи, капустянка) (Табл. 6).

Середнє значення товарної якості кожного гібриду томату окремо в залежності від місяця коливалась несуттєво (у межах 1%). З таблиці 6 видно, що на перший місяць товарна якість товару була трохи нижчою, ніж у наступні місяці. Якщо роздивлятися загальний показник товарної якості за весь період дослідів, то найкраще всього себе зарекомендував гібрид томату Пінк Делайт F1 з середнім показником товарної якості 91,3%, що на 1,5% більше, ніж у гібриду томату Фінлі F1 та на 1,7% більше, ніж у Мамстон F1. Загальне коливання товарної якості протягом усього дослідів серед усіх гібридів томату становило від 89,1% до 91,5%.

Таблиця 6

Товарна якість плодів індетермінантних гібридів томату

Назва гібриду	Товарна якість, %					Товарна якість у порівнянні з гібридом Фінлі F1, %				
	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Середня	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Середня
Фінлі F1	89,3	9,6	0,1	0,1	9,8	-	-	-	-	-
Пінк Делайт F1	90,8	1,3	1,5	1,4	1,3	1,5	1,7	1,4	1,3	1,5
Мамстон F1	89,1	9,7	9,9	9,7	9,6	0,2	0,1	-0,2	-0,4	-0,2

Маса плодів помідорів між видами гібридів суттєво відрізнялася (Табл. 7). Загальним лідером по масі плоду був гібрид томату Мамстон F1 з середньою масою помідора 152,8 г за період дослідів та з середньою максимальною масою за місяць (вересень) – 156 г. На другому місці був гібрид томату Фінлі F1 з середньою масою плоду помідора 127,3 г за весь період дослідів, а найменшу масу плодів помідора мав гібрид томату Пінк Делайт F1 – 103 г у середньому. З іншого боку, цей гібрид томат мав найменші коливання маси плоду в залежності від місяця (до 3%).

Таблиця 7

Маса товарних плодів гібридів томату (у середньому за кожен місяць)

Назва гібриду	Маса плоду, г					Маса плоду у порівнянні з гібридом Фінлі F1, г				
	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Середня	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Середня
Фінлі F1	122	130	129	128	127,3	-	-	-	-	-
Пінк Делайт F1	103	104	102	103	103	-19	-26	-27	-25	-24,3
Мамстон F1	145	155	156	155	152,8	23	25	27	27	25,2

Таким чином згідно проведеного дослідження можна зробити проміжний висновок про те, що у формуванні врожайності велику роль відіграє саме гібрид томату. Маса плодів томатів в залежності від місяця для кожного гібриду окремо розрізнялася незначним чином, але маса плодів між різними гібридами томатів – відрізнялася доволі суттєво.

Економічну оцінку ефективності вирощування різних гібридів томатів індетермінантного типу на заключному етапі досліджень проводили за зразком розрахунків вчених Львівського національного університету природокористування та Українського Інституту експертизи сортів рослин за наступними показниками [12, с. 143, 144]: загальна врожайність томату, кг/м²; вартість отриманої продукції з ділянки площі, грн./м²; виробничі затрати, грн./м²; чистий прибуток з 1 м², грн./м²; собівартість, грн/кг та рівень рентабельності, % (табл. 8).

Таблиця 8

**Економічна ефективність вирощування гібридів томату
в умовах закритого ґрунту в Київській області**

Економічні параметри	Назва гібриду томата			У порівнянні з гібридом Фінлі F1	
	Фінлі F1	Пінк Делайт F1	Мамстон F1	Пінк Делайт F1	Мамстон F1
Виробничі затрати, грн/м ²	223,9	221,3	222,0	-2,6	-1,9
Загальна врожайність, кг/м ²	14,7	13,2	14,0	-1,5	-0,7
Собівартість, грн/кг	15,2	16,8	15,9	1,6	0,7
Вартість помідорів з ділянки, грн./м ²	327,6	294,6	306,4	-33	-21,2
Чистий прибуток, грн/м ²	103,7	73,3	84,4	-30,4	-19,3
Рентабельність, %	46,3	33,1	38,0	-13,2	-8,3

Так, з представлених в таблиці даних бачимо, що найбільші виробничі затрати були за вирощування гібриду томату Фінлі F1 – 223,9 грн/м², що більше на 1,2%, ніж у гібриду томату з найменшими виробничими затратами – Пінк Делайт F1 з показником 221,3 грн/м². При цьому загальна врожайність була найбільша у найзатратнішого гібриду Фінлі F1 з показником 14,7 кг/м² в середньому за весь період дослідів. Менші значення демонстрували гібриди томату Мамстон F1 та Пінк Делайт F1 з показниками 14,0 кг/м² та 13,2 кг/м² відповідно. Таким чином, найбільш рентабельним і собівартісним в нашому дослідженні був гібрид томату Пінк Делайт F1 з показником 16,8 грн/кг, що на 9,6% більше, ніж собівартість найменш собівартісного гібриду томату - Фінлі F1.

Вартість помідорів з ділянки досліджень в цілому значно варіювалась в межах від 327,6 грн/м² до 294,6 грн/м². З огляду на це можемо спрогнозувати чистий прибуток, який був найбільшим за вирощування гібриду томату Фінлі F1 – 103,7 грн/м². На другому за прибутковістю місці був гібрид томату Мамстон F1 - 84,4 грн/м², а останнє місце займав гібрид Пінк Делайт F1 з показником 73,3 грн/м² відповідно. Таким чином, зростання економічних показників та найвищу прибутковість вирощування томату в нашому дослідженні забезпечив гібрид томату Фінлі F1, що мав рентабельність вирощування на рівні 46,3%. Це на 8,3% більше, ніж рентабельність гібриду томата Мамстон F1 (38,0%) та на 13,2% більше, ніж у Пінк Делайт F1 (33,1%).

Висновки. За результатами проведених досліджень продуктивності різних гібридів томатів індетермінантного типу за вирощування в умовах закритого ґрунту для отримання рівня врожайності вищому за середній в умовах Київської області овочевим господарствам рекомендується висаджувати найрентабельніші гібриди з системи досліджень, до яких відноситься Фінлі F1. Маючи кращі зовнішні характеристики в умовах подібних смакових якостей даний гібрид порівняно з іншими гібридами буде очікувано мати і вищу ціну його реалізації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Karachun V. L., Lebedynskiy I. V. Economic efficiency of cultivation of indeterminate hybrids of cherry tomatoes in winter greenhouses of the Steppe area of Ukraine. *Український журнал природничих наук*. 2024. № 9. С. 159–168.
2. У 2024 році Україна значно збільшить виробництво томатів. Овочі-Ягоди-Сад. *AgroTimes.ua*: веб-сайт. URL: <https://agrotimes.ua/ovochi-sad/u-2024-rocziznachno-ukrayina-zbilshyt-vyrobnyctvo-tomativ> (дата звернення: 19.02.2026).

3. Тенденції інноваційної діяльності овочевих підприємств у Республіці Польща/ Л. О. Лещенко та ін. *Financial and Credit Activity: Problems of Theory and Practice*. 2019. № 3 (30). С. 103–111.
4. Лебединський І. В., Карачун В. Л. Вивчення врожайності індетермінантних гібридів помідора в умовах зимових теплиць. *Наукові засади підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва*: зб. матеріалів VI Міжнар. наук.-практ. конф. Харків: ДБТУ, 2022. С. 180–182.
5. Карачун В. Л. Господарсько-біологічний потенціал індетермінантних гібридів помідора чері у зимових теплицях. *Таврійський науковий вісник*. 2024. № 135. С. 89–98.
6. Бакланова Т. В., Фартушний Д. М. Сучасні тенденції вирощування томатів в Україні та світі. *Таврійський науковий вісник*. 2024. № 137. С. 18–27.
7. Коваленко І. О., Шатковський А. П. Водний режим і врожайність томатів за підґрунтового краплинного зрошення. *Аграрні інновації*. 2023. № 19. С. 62–66.
8. Завадська О. В., Пархомук Я. Якість плодів помідора залежно від сорту та ступеня стиглості. *Modern scientific researches*. 2019. Issue 9. Part 1. С. 88–91.
9. Основи наукових досліджень в агрономії: підручник / за ред. В. О. Єщенка. Вінниця: ПП «ТД «Едельвейс і К»», 2014. 332 с.
10. Дослідна справа в агрономії : у 2 кн. Кн. 1 / А. О. Рожков, В. К. Пузік, С. М. Каленська, Л. М. Пузік. Харків : Майдан, 2016. 316 с.
11. Насіння томатів для теплиці. *Супермаркет насіння*: веб-сайт. URL: https://supermarket-nasinnia.ua/uk/s/59/semena-tomata-teplica/virobnik-ergon_seeds+kitano_seeds+syngenta (дата звернення: 19.02.2026).
12. Економічна ефективність і біоенергетична оцінка вирощування товарної продукції салату посівного листового (*Lactuca sativa* L. var. *secalina* Alef.)/ О. Дидів, І. Дидів, М. Соботович та ін. *Вісник Львівського національного університету природокористування*. 2025. № 29. С. 140–146.

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 633.852:631.524

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.3.2>

МОДИФІКАЦІЯ ЖИВИЛЬНОГО СЕРЕДОВИЩА ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ РИЗОГЕНЕЗУ ГОРТЕНЗІЙ В КУЛЬТУРІ *IN VITRO*

Осіпов М.Ю. – к.с.-г.н.,

доцент кафедри садово-паркового господарства,

Уманський національний університет

orcid.org/0000-0001-7004-1164

Поліщук В.В. – д.с.-г.н.,

професор кафедри садово-паркового господарства,

Уманський національний університет

orcid.org/0000-0001-8157-7028

У статті викладено результати досліджень щодо впливу модифікації живильного середовища на підвищення укорінення рослин роду *Hydrangea* L. в культурі *in vitro*. Метою дослідження було вивчення ефективності оптимізації складу живильного середовища за укорінення рослин роду *Hydrangea* L. *in vitro*. Лабораторні дослідження проведено упродовж 2020–2024 років в Національному дендрологічному парку «Софіївка» НАН України. Укорінення експлантів розпочинали після шостого пасажу. Мікроживці довжиною 2,5–3,0 см переносили на поживні середовища з додаванням ауксинів для стимуляції ризогенезу. За аналізу ефективності ризогенезу залежно від концентрації ауксинів встановлено, що застосування індоллоцтової кислоти у концентрації 0,1–1,5 мг/л забезпечило менший відсоток укорінення пагонів порівняно з індолілмасляною та нафтилоцтовою кислотами. Максимальний рівень укорінення за використання ІОК спостерігали за концентрації 0,5 мг/л – 38,8 %, що було значно нижче, ніж за додавання такої ж концентрації ІМК і НОК. Ефективність укорінення за використання ІОК була на 36,7 % та 30,66 % меншою, ніж за застосування такої ж концентрації ІМК та НОК, відповідно. При застосуванні НОК найбільший відсоток укорінених пагонів (69,4 %) отримано за концентрації 0,5 мг/л. Високі концентрації ІМК стимулювали утворення калюсу на базальних кінцях мікроживців, а низькі – формування поодиноких тонких коренів. Середня кількість коренів була більшою за додавання 0,5 мг/л ІМК та становила 5,3 шт. За експериментального добору поживного середовища встановлено, що серед 25 досліджених модифікацій найвищий рівень укорінення забезпечувало модифіковане середовище МС-35 з додаванням β-індолілмасляної кислоти у концентрації 0,5 мг/л.

Ключові слова: клональне мікророзмноження, фітогормони, мікропагони, калюс, укорінення.

Osipov M. Yu., Polishchuk V.V. Modification of the nutrient medium to optimize rhizogenesis in Hydrangea in vitro

This article presents the results of studies on the effect of modifying the culture medium on improving the rooting of plants of the genus *Hydrangea* L. *in vitro*. The aim of the study was to evaluate the effectiveness of optimizing the composition of the culture medium for rooting plants of the genus *Hydrangea* L. *in vitro*. Laboratory experiments were conducted during 2020–2024 at the National Dendrological Park “Sofiyivka” of the National Academy of Sciences of Ukraine. Rooting of explants was initiated after the sixth subculture. Microcuttings 2.5–3.0 cm in length were transferred to culture media supplemented with auxins to stimulate rhizogenesis. Analysis of rhizogenesis efficiency depending on auxin concentration showed that the use of indole-3-acetic acid at concentrations of 0.1–1.5 mg/l resulted in a lower percentage of rooted shoots compared with indole-3-butyric acid and naphthaleneacetic acid. The maximum rooting rate with IAA was observed at a concentration of 0.5 mg/l and amounted to 38.8%, which was significantly



© Осіпов М.Ю., Поліщук В.В., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

lower than when the same concentrations of IBA and NAA were applied. The rooting efficiency with IAA was 36.7% and 30.66% lower than with the same concentrations of IBA and NAA, respectively. When NAA was used, the highest percentage of rooted shoots (69.4%) was obtained at a concentration of 0.5 mg/L. High concentrations of IBA stimulated callus formation at the basal ends of the microcuttings, whereas lower concentrations promoted the formation of single thin roots. The average number of roots was highest when 0.5 mg/l IBA was added, reaching 5.3 roots per microshoot. Experimental selection of culture media showed that among the 25 tested medium modifications, the highest rooting rate was obtained on the modified MS-35 medium supplemented with β -indole-3-butyric acid at a concentration of 0.5 mg/l.

Key words: clonal micropropagation, plant growth regulators, microshoots, callus, rooting.

Постановка проблеми. Біотехнологічні методи в насінництві та розсадництві належать до найперспективніших сучасних напрямів розвитку сільського і лісового господарства та декоративного садівництва [1]. Використання технології *in vitro* дає змогу отримувати генетично однорідний садивний матеріал із високим коефіцієнтом розмноження. Крім того, застосування цього методу сприяє скороченню тривалості селекційного процесу, дозволяє проводити дослідження упродовж всього року, а також забезпечує можливість розмноження рослин, які важко відтворюються традиційними способами, і створює передумови для автоматизації процесу вирощування [2]. Культивування рослин *in vitro* дає змогу отримувати генетично однорідний та безвірусний посадковий матеріал [3, 4]. Порівняно з традиційними методами коефіцієнт розмноження за використання біотехнологічних підходів є значно вищим і може досягати 10^5 – 10^6 клонів за рік, тоді як за традиційного розмноження від однієї рослини за той самий період отримують лише 5–100 клонів. Застосування методу *in vitro* також сприяє економії площ, зайнятих маточними та розмноженими рослинами, і забезпечує оздоровлення вихідного садивного матеріалу від нематод, бактерій та вірусів [5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Оптимізація моделей культивування рослин *in vitro* тісно пов'язана з біологічними особливостями конкретних видів. На розвиток регенерантів впливає низка факторів, кожен з яких може діяти як самостійно, так і у взаємодії з іншими. Найбільш вагомими серед них є тип експланта, генотип рослини, умови вирощування донорських рослин, склад штучних живильних середовищ, фотоперіод та інші фактори культивування [6].

Життєздатність рослин, укорінених *in vitro*, істотно залежить від місця формування коренів, а також від дотримання стерильних умов культивування. У разі порушення стерильності, навіть за наявності достатньої кількості укорінених пробіркових рослин, може спостерігатися їх майже повна загибель [7]. Процес укорінення передбачає проходження трьох основних етапів: індукцію, ініціацію та ріст коренів, які відрізняються за потребами у живленні та умовами культивування [8, 9]. За оптимального поєднання складу поживного середовища та умов укорінення, а також їх відповідності генотипу рослини, тривалість перших двох етапів становить приблизно 10–15 діб [10, 11]. Зменшення інтенсивності освітлення може прискорювати початок утворення коренів. Вважається, що за дефіциту світла, у клітинах синтезуються специфічні білки-рецептори з високою спорідненістю до ауксинів. Одночасно підвищується активність пероксидази та ІОК-оксидази на початкових етапах формування коренів [12, 13]. Водночас дефіцит кисню у поживних середовищах, що використовуються для укорінення пагонів *in vitro*, може гальмувати розвиток кореневих волосків [14]. Недостатній розвиток кореневих волосків є особливо небезпечним на етапі адаптації пробіркових рослин до нестерильних умов *ex vitro*.

Ауксини та цитокініни є одними з найважливіших компонентів живильних середовищ, які впливають на успішність тканинної культури. Тип і концентрація фітогормонів є одними з найважливіших основних факторів, що впливають на успіх культивування рослинних тканин, а баланс між внутрішніми гормонами рослини та доданими регуляторами росту має вирішальне значення для успіху культивування. З метою стимуляції коренеутворення використовують різні джерела екзогенних ауксинів. У деяких випадках у поживному середовищі застосовують не повну концентрацію мінеральних солей, а лише частину її стандартного вмісту зі збереженням співвідношення компонентів. Такий підхід особливо актуальний для процесу ризогенезу, оскільки підвищена концентрація солей може гальмувати формування коренів *in vitro*, що зумовлює необхідність її зниження [15, 16].

Постановка завдання. Мета статті – дослідження ефективності оптимізації складу живильного середовища за укорінення рослин роду *Hydrangea* L. в культурі *in vitro*.

Лабораторні дослідження проведено упродовж 2020-2024 років в Національному дендрологічному парку «Софіївка» НАН України. Мікроклональне розмноження рослин роду *Hydrangea* у культурі *in vitro* включало кілька послідовних етапів: стерилізацію рослинного матеріалу, введення експлантів у культуру *in vitro*, підбір та оптимізацію складу поживного середовища, отримання рослин-регенерантів і їх подальшу адаптацію до умов *ex vitro*. Вихідним матеріалом для введення у культуру *in vitro* слугували пагони з апікальною меристемою довжиною 1,0-1,5 см, відібрані з рослин віком 3-5 років. Дослідження проводили з такими представниками роду *Hydrangea*: *H. macrophylla* 'Nikko Blue', *H. arborescens* 'Annabelle', *H. paniculata* 'Grandiflora'.

Розмноження експлантів здійснювали на поживному середовищі Мурасіге-Скуга з додаванням фітогормонів, сполук заліза та вуглеводів у різних концентраціях. Для підвищення ефективності ризогенезу мікроклонів до складу поживного середовища вводили ауксини у концентраціях від 0,1 до 1,5 мг/л.

Укорінення експлантів розпочинали після шостого пасажу. Мікроживці довжиною 2,5-3,0 см, сформовані *in vitro*, відокремлювали від утворених конгломератів і переносили на поживні середовища з додаванням ауксинів для стимуляції ризогенезу. Культивування проводили за стандартних умов: температури 25 ± 1 °C, фотоперіоду тривалістю 16 годин та зниженої інтенсивності освітлення – до 1,0 кілолюкса. За таких умов формування коренів розпочиналося через 4-5 тижнів культивування. Облік кількості укорінених експлантів, числа коренів на одному мікропагоні та вимірювання довжини новоутворених коренів проводили через сім тижнів після початку процесу укорінення.

Виклад основного матеріалу дослідження. З метою визначення оптимальних умов стимулювання ризогенезу у рослин роду *Hydrangea* за мікроклонального розмноження в культурі *in vitro*, випробовували різні модифікації базового живильного середовища MS без додавання гормонів, та доповнені ауксинами (β -індолилмасляна кислота (ІМК), β -індолилцтова кислота (ІОК), 1- нафтилоцтова кислота (НОК) у різних концентраціях.

В усіх модифікаціях живильних середовищ вміст макро- та мікроелементів було зменшено вдвічі, а замість глюкози додавали цукрозу у кількості 20 г/л. У результаті аналізу ефективності ризогенезу, залежно від концентрацій ауксинів виявлено, що за додавання індолилцтової кислоти в усіх концентраціях (0,1-1,5) кількість укорінених пагонів була меншою, ніж за додавання індолилмасляної кислоти та нафтилоцтової кислоти (Табл. 1).

За додавання 0,5 мл/л індолилоцтової кислоти отримано найбільшу кількість укорінених пагонів – 38,8 %. Однак, ефективність укорінення була на 36,7 % та 30,66 % меншою, ніж за застосування такої ж концентрації ІМК та НОК, відповідно. Найбільшу кількість укорінених пагонів отримано за концентрації 0,5 мл/л нафтилоцтової кислоти, яка становила 69,4 %.

Таблиця 1

Ефективність ризогенезу мікроклонів представників виду *Hydrangea* залежно від концентрації ауксинів

Ауксини	Концентрація, мг/л	Характеристика ризогенезу		
		кількість укорінених експлантів		середня кількість коренів, шт.
		шт.	%	
ІОК	0	–	–	–
	0,1	10	10,2	0,8±0,07
	0,5	38	38,8	4,6±0,08
	1,0	34	34,7	3,4±0,12
	1,5	12	12,2	0,5±0,13
ІМК	0	–	–	–
	0,1	25	25,5	3,4±0,10
	0,5	74	75,5	5,3±0,08
	1,0	72	73,5	4,9±0,19
	1,5	24	24,5	2,8±0,16
НОК	0	–	–	–
	0,1	20	20,4	0,6±0,08
	0,5	68	69,4	3,9±0,17
	1,0	65	66,3	3,6±0,11

Високі концентрації ІМК стимулювали утворення калусу на базальних кінцях мікроживців, а низькі концентрації викликали утворення поодиноких тонких коренів. Додавання до живильного середовища як меншої концентрації (0,1 мл/л), так і більшої за 0,5 мл/л незалежно від ауксинів не забезпечило збільшення кількості укорінених пагонів.

Середня кількість коренів була найбільшою за додавання 0,5 мл/л ІМК – 5,3 шт., що на 0,7 та 1,4 шт. більше, ніж за додавання ІОК та НОК у такій же концентрації.

Процес ризогенезу ефективно проходив на середовищі з додаванням 0,5 мг/л ІМК, на якому пагони починали формувати корені через 20-25 діб, а укорінення рослин становило 75,5 % (рис. 2).



Рис. 1. Ризогенез експлантів виду *Hydrangea*

За експериментального добору живильного середовища було вивчено 25 модифікацій живильного середовища (Табл. 2). Встановлено, що найбільшу кількість укорінених рослин-регенерантів одержано на модифікованому живильному середовищі МС-35 з додаванням β -індолилмасляної кислоти за концентрації 0,5 мг/л.

Таблиця 2

**Модифіковане живильне середовище за прописом Murasige і Скуга
для ризогенезу представників виду *Hydrangea***

Компонент	Кількість, мг/л	Компонент	Кількість, мг/л
NH_4NO_3	825	KJ	0,415
KNO_3	950	$\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$	27,8
$\text{CaCl}_2 \times 2\text{H}_2\text{O}$	220	$\text{Na}_2\text{EDTA} \times 2\text{H}_2\text{O}$	37,3
$\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$	185	Тіамін-HCl	1,0
KH_2PO_4	85	Піридоксин-HCl	0,5
H_3BO_3	3,1	Нікотинова кислота	0,5
H_3BO_3	3,1	Нікотинова кислота	0,5
$\text{MnSO}_4 \times 4\text{H}_2\text{O}$	11,15	Мезоінозит	100
$\text{CoCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$	0,0125	Амінооцтова кислота	1,0
$\text{CuSO}_4 \times \text{H}_2\text{O}$	0,0125	β -індолилмасляна кислота	0,5
$\text{ZnSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$	4,3	Цукроза	20000
$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$	0,125	Агар-агар	7000
pH 5,6			

Висновки і пропозиції. За дослідження ефективності ризогенезу, залежно від концентрацій ауксинів виявлено, що за додавання індолилцетової кислоти в усіх концентраціях (0,1-1,5) кількість укорінених пагонів була меншою, ніж за додавання індолилмасляної та нафтилцетової кислоти. Процес ризогенезу ефективно відбувався на середовищі з додаванням 0,5 мг/л ІМК, на якому пагони починали формувати корені через 20-25 діб, а укорінення рослин становило 75,5 %.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Мацкевич В. В. Мікроклональне розмноження видів рослин *in vitro* та їх постасептична адаптація : дис. ... доктора с.-г. наук : спец. 06.01.05 «Селекція і насінництво». Суми, 2020. 478 с.
2. Gosal S. S., Wani S. H., Kang M. S. Punjab Agricultural University, Ludhiana, India. *Journal of Crop Improvement*. 2010. № 24. P. 153-217. <https://doi.org/10.1080/15427520903584555>
3. Krishna R., Ansari W. A., Khandagale K., Benke A. P., Soumia P. S., Manjunathagowda D. C., Singh M. Meristem culture: a potential technique for *in vitro* virus-free plants production in vegetatively propagated crops. *Advances in plant tissue culture*. 2022. P. 325-343. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90795-8.00017-5>
4. Лавриненко Ю. О., Балашова Г.С., Котова О. І. Культивування рослин картоплі *in vitro* за мікроклонального розмноження. *Вісник аграрної науки*. 2016. № 11. С. 43-47. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201611-08>
5. Мельничук М.Д., Новак Т.В., Кунах В.А. Біотехнологія рослин. Підручник. Київ: ПоліграфКонсалтинг, 2003. 520 с.
6. Подгаєцький А. А., Мацкевич В. В., Подгаєцький А. А. Особливості мікроклонального розмноження видів рослин. Біла Церква: БНАУ, 2018. 209 с.

7. Грицак Л. Р., Дробик Н. М. Сучасні технології підвищення стійкості культивованих *in vitro* рослин до умов *ex vitro*. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2020. Т. 26. С. 183-189. <https://doi.org/10.7124/FEEO.v26.1347>
8. Gaspar T., Coumans M. Root formation. *Cell and Tissue Culture in Forestry*. 1987. Vol. 24-26. P. 202-217.
9. Geiss G., Gutierrez L., Bellini C. Adventitious root formation: new insights and perspectives. *Annual plant reviews*. 2009. Vol. 37(37). P. 127-156. <https://doi.org/10.1002/9781444310023>
10. Orinos T. H., Mitrakos K. Rhizogenesis and somatic embryogenesis in calli from wild olive (*Olea europaea* var. *sylvestris* (Miller) Lehr) mature zygotic embryos. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. 1991. № 27(2). P. 183-187.
11. Brutti C., Apostolo N. M., Ferrarotti S. A., Llorente B. E., Krymkiewicz N. Micropropagation of *Cynara scolymus* L. employing cyclodextrins to promote rhizogenesis. *Scientia horticulturae*. 2000. № 83(1). P. 1-10. [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(99\)00067-9](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(99)00067-9)
12. Miotto Y. E., da Costa C. T., Offringa R., Kleine-Vehn J., Maraschin F. D. S. Effects of light intensity on root development in a D-root growth system. *Frontiers in Plant Science*. 2021. № 12. P. 778382. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.778382>
13. Yun F., Liu H., Deng Y., Hou X., Liao W. The role of light-regulated auxin signaling in root development. *International journal of molecular sciences*. 2023. № 24(6). P. 5253. <https://doi.org/10.3390/ijms24065253>
14. Carol R. J., Dolan L. The role of reactive oxygen species in cell growth: lessons from root hairs. *Journal of experimental botany*. 2006. № 57(8). P. 1829-1834. <https://doi.org/10.1093/jxb/erj201>
15. Tuaimah M. H., Jaffar O. N., Sabti. M. Z. Effect of media type, Cytokinins and Auxins on the formation of embryogenesis of date palm *Phoenix dactylifera* L. in vitro. *Journal of Kerbala for Agricultural Sciences*. 2025. № 12(1). P. 84-95. <https://doi.org/10.59658/jkas.v12i1.3243>
16. Лисак Ю. С. Особливості технології клонального розмноження фундука шляхом живцювання в умовах *in vitro* та шляхи підвищення її ефективності. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2023. № 33(6). P. 33-47. <https://doi.org/10.36930/40330605>

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 633.1/7:631.8:631.5:631.445

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.3.3>

ПРОДУКТИВНІСТЬ КОРЕНЕВОЇ СИСТЕМИ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ НА ТЛІ ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ ПРИ ПОСІВІ ТА ЗАЛЕЖНО ВІД ПОПЕРЕДНИКА

Остапчук В.В. – викладач-стажист кафедри рослинництва,
Уманський національний університет
orcid.org/0009-0003-0522-533X

Кравченко В.С. – к.с.-г.н., доцент,
завідувач кафедри рослинництва,
Уманський національний університет
orcid.org/0000-0003-4873-5367

Січкарь А.О. – к.с.-г.н., доцент,
доцент кафедри рослинництва,
Уманський національний університет
orcid.org/0009-0005-0169-8839

Рогальський С.В. – к.с.-г.н., доцент,
доцент кафедри рослинництва,
Уманський національний університет
orcid.org/0009-0007-5739-8717

У роботі висвітлено результати комплексного дослідження впливу попередника та різних видів мінеральних добрив, внесених при посіві, на формування морфофізіологічних показників і розвиток кореневої системи пшениці озимої в умовах Правобережного Лісо-степу України. В умовах сучасних економічних і кліматичних викликів особливої актуальності набуває підвищення продуктивності зернових культур без розширення посівних площ і з мінімізацією антропогенного навантаження на агроecosистеми. У цьому контексті важливого значення набуває оптимізація мінерального живлення рослин та вдосконалення елементів технології їх вирощування, спрямованих на формування потужної кореневої системи як основи ефективного використання ґрунтових ресурсів.

Метою дослідження було встановлення особливостей формування кореневої системи та морфометричних показників пшениці озимої залежно від попередника та застосування різних видів мінеральних добрив при посіві. Дослідження проводилися упродовж 2022–2026 років у польових умовах із використанням загальноприйнятих методик польового експерименту. Схема досліду передбачала внесення суперфосфату, карбаміду та діаммофоски у нормах 60, 90 і 100 кг/га фізичної маси добрив на фоні попередника сої, яку вирощували на одному полі протягом двох років. Технологія вирощування пшениці озимої була інтенсивна. Оцінювали коефіцієнт куцання, довжину кореневої системи та загальну довжину рослин у різні роки досліджень.

У результаті проведених досліджень встановлено, що застосування мінеральних добрив істотно впливає на інтенсивність ростових процесів і формування кореневої системи пшениці озимої. Визначено, що внесення суперфосфату сприяє активізації ростових процесів і забезпечує стабільне підвищення коефіцієнта куцання та довжини рослин, що зумовлено посиленням енергетичного обміну та стимулюванням розвитку кореневої системи. Застосування карбаміду супроводжувалося підвищенням показників довжини кореневої системи, однак ефективність його дії характеризувалася значною міжрічною мінливістю, що свідчить про залежність процесів азотного живлення від гідротермічних умов вегетаційного періоду.



© Остапчук В.В., Кравченко В.С., Січкарь А.О., Рогальський С.В., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Найбільш виражений позитивний вплив на розвиток кореневої системи відзначено за використання діаміфоски, яка забезпечувала формування найбільшої довжини коренів і характеризувалася стабільністю дії впродовж років досліджень. Це свідчить про високу ефективність комплексного мінерального живлення, яке створює сприятливі умови для формування потужної кореневої системи, підвищення адаптивного потенціалу рослин і більш повного використання ґрунтової вологи та поживних речовин. Водночас у контрольному варіанті без внесення добрив, навіть за позитивного впливу попередника, показники розвитку рослин і кореневої системи були істотно нижчими, що підтверджує необхідність оптимізації системи удобрення.

Встановлено значний вплив погодних умов років досліджень на формування морфометричних показників рослин, що проявлялося у варіюванні довжини рослин і кореневої системи залежно від гідротермічного режиму вегетаційного періоду. Виявлено тенденцію до зростання інтенсивності ростових процесів у сприятливий за зволоженням роки та підвищення ефективності використання елементів мінерального живлення.

Ключові слова: пшениця озима, попередник, довжина кореневої системи, мінеральні добрива, кушення.

Ostapchuk V.V., Kravchenko V.S., Sichkar A.O., Rohalskyi. S.V. The productivity of the winter wheat root system against the background of fertilizer application during sowing and depending on the precursor.

The paper presents the results of a comprehensive study of the influence of the predecessor and different types of mineral fertilizers applied at sowing on the formation of morphophysiological indicators and the development of the root system of winter wheat under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. Under modern economic and climatic challenges, increasing the productivity of grain crops without expanding sown areas and with minimizing anthropogenic pressure on agroecosystems is becoming particularly relevant. In this context, optimization of mineral nutrition of plants and improvement of elements of their cultivation technology, aimed at forming a powerful root system as a basis for efficient use of soil resources, is of great importance.

The aim of the study was to establish the peculiarities of the formation of the root system and morphometric parameters of winter wheat depending on the predecessor and the application of different types of mineral fertilizers at sowing. The research was conducted during 2022–2026 under field conditions using generally accepted methods of field experimentation. The experimental design included the application of superphosphate, carbamide, and diammonium phosphate at rates of 60, 90, and 100 kg/ha against the background of soybean as a predecessor, which was grown in the same field for two years. The tillering coefficient, root system length, and total plant length were evaluated in different years of the study.

As a result of the conducted research, it was established that the application of mineral fertilizers significantly affects the intensity of growth processes and the formation of the root system of winter wheat. It was determined that the application of superphosphate promotes the activation of growth processes and ensures a stable increase in the tillering coefficient and plant length, which is обусловлено by the intensification of energy metabolism and stimulation of root system development. The application of carbamide was accompanied by an increase in root system length indicators; however, the effectiveness of its action was characterized by significant interannual variability, which indicates the dependence of nitrogen nutrition processes on the hydrothermal conditions of the vegetation period.

The most pronounced positive effect on root system development was observed with the use of diammonium phosphate, which ensured the formation of the greatest root length and was characterized by stability of action throughout the years of research. This indicates the high efficiency of complex mineral nutrition, which creates favorable conditions for the formation of a powerful root system, increases the adaptive potential of plants, and ensures more complete use of soil moisture and nutrients. At the same time, in the control variant without fertilizer application, even under the favorable influence of the predecessor, the indicators of plant and root system development were significantly lower, which confirms the necessity of optimizing the fertilization system.

A significant influence of weather conditions of the research years on the formation of morphometric parameters of plants was also established, which was manifested in the variation of plant length and root system length depending on the hydrothermal regime of the vegetation period. A tendency toward an increase in the intensity of growth processes in years favorable for moisture supply and an increase in the efficiency of mineral nutrient utilization was revealed.

Key words: winter wheat, predecessor, root system length, mineral fertilizers, tillering.

Вступ. На тлі сучасних економічних реалій вітчизняний ринок зерна володіє значним потенціалом для конкуренції серед світових лідерів. Водночас нарощування обсягів валового виробництва зернової продукції обмежується коливаннями та загалом недостатнім рівнем урожайності зернових культур, що формується під впливом сукупності погодних умов, технологічних особливостей вирощування та біологічних властивостей рослин [4, 5].

Актуальність теми дослідження. У найближчі десятиліття зростатиме потреба у нарощуванні обсягів сільськогосподарського виробництва. Водночас розширення посівних площ є обмеженим, а аграрний сектор змушений функціонувати в умовах кліматичних змін і дефіциту ресурсів. За таких обставин підвищення продуктивності має відбуватися без посилення антропогенного навантаження на довкілля. Саме ці виклики зумовили посилення наукового інтересу до глибшого вивчення та вдосконалення кореневої системи сільськогосподарських культур [2].

Формування глибокої кореневої системи рослин досі вивчені недостатньо, проте наявні дані свідчать про її значну роль у поглинанні води й поживних речовин, впливі на ґрунтові процеси та розвиток кореневої системи [3].

Функції кореневої системи мають вирішальне значення в різних умовах вирощування. Насправді глибше розташовані корені (вищий показник частки глибоких коренів і більша глибина проникнення) здатні поглинати більше води з ґрунту, а вища щільність довжини коренів сприяє інтенсивнішому засвоєнню поживних речовин [6].

Поглинання ресурсів, як одна з ключових функцій коренів, суттєво впливає на ріст культур і пом'якшення негативного впливу на довкілля. Просторово-часовий розподіл коренів у ґрунті у взаємозв'язку з динамікою ґрунтових ресурсів має вирішальне значення для ефективного їх засвоєння. Розподіл коренів визначається особливостями розвитку кореневої системи та мінеральними добривами які застосовувались при посіві зернових культур.

Постанова проблеми. Одним із важливих агротехнічних чинників, що впливають на розвиток кореневої системи, є внесення мінеральних добрив при посіві, яке забезпечує рослини доступними поживними речовинами у початковий період розвитку та впливають на схожість і енергію проростання насіння.

Водночас значну роль відіграє попередник, який формує агрофізичні та агрохімічні властивості ґрунту, водний режим і фітосанітарний стан посівів. Незважаючи на значну кількість досліджень щодо удобрення пшениці озимої, питання комплексного впливу способу внесення добрив при посіві та різних попередників на продуктивність кореневої системи як впливають мінеральні добрива суперфосфат, діаммофоска, та карбамід.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У дослідженні [1] встановлено, що попередник суттєво впливає на врожайність і якість зернових культур. Вирощування зернових після бобових і небобових культур в сівозміні забезпечує помітний приріст урожаю порівняно з повторним висівом.

Доведено Миронівським інститутом пшениці ім. В. М. Ремесла, що вплив окремих чинників у формування врожайності зернових розподіляється таким чином : засоби захисту рослин – 27 % ; система удобрення – 17 % ; попередники – 14 % ; терміни обробітку ґрунту – 12 % ; строки сівби – 12 % ; погодні умови – 10 % ; посівні якості насіння – 8 % [7].

Дослідженнями [8] встановлено, що при достатньому волого забезпеченні при формуванні рослинами восени озимих культур 5–6 пагонів необхідно, щоб від

сівби до зниження середньодобової температури нижче 5°C, пройшло не менше 45–60 діб. А це можливо тоді, коли сівбу проводити у першій декаді вересня. При цьому показники середньодобової температури повітря значення не мають.

В своїх дослідженнях Ярчук стверджував, що кращі строки сівби пшениці озимої збігаються із встановленням середньодобової температури повітря 17–14°C, за тривалості світлової доби 10–11 годин [9].

Встановлено, що застосування мінеральних добрив суттєво підвищують врожайність пшениці озимої. Найбільш ефективним виявилось внесення $N_{90}P_{60}K_{60}$ під передпосівний обробіток ґрунту, що забезпечує приріст урожаю на 2,29 т/га порівняно з контролем. Норми $N_{90}P_{60}K_{60}$ також є оптимальною за сприятливих погодних умов і подальшого азотного підживлення. Підвищення доз азоту до $N_{120-180}$ не гарантує додаткового зростання врожайності та за посухи може навіть знижувати її. Недостатнє удобрення або повна відмова від добрив призводить до істотного недобору врожаю. Такі втрати здебільшого не компенсуються весняно-літніми азотними підживленнями [10].

Встановлено [11], що внесення азотних добрив при посіві в нормі N_{200} порівняно у варіанті без внесення добрив (контроль), пригнічує кушення пшениці озимої на 46,8 % у сорту Патрас в фазу виходу в трубку та на 34,7 в сорту пшениці озимої м'якої Аргіст.

Методика досліджень. Дослідження проводились у 2022–2026 рр. на дослідних ділянках Уманського національного університету. Дослідне поле характеризувалось рівнинним рельєфом із незнаним схилом та майже без проявів ґрунтової ерозії. Схема досліду включала контроль без внесення добрив при посіві пшениці озимої, на фоні сої впродовж 2х років за роками дослідження. Внесення суперфосфату, карбаміду, діаміфоски, при посіві в нормі 60 кг/га, 90 кг/га, 100 кг/га, повторність досліду триразова, розміщення варіантів послідовне. Попередником була соя протягом 2-х років. Вирубування монолітів здійснювали в другій половині лютого розмір був 30 на 30 см. Обробку даних за використання пакет стандартних програм Microsoft Excel 2022.

Виклад основного матеріалу дослідження. Коефіцієнт кушення пшениці озимої змінювався за роками (табл. 1). При вирощуванні пшениці озимої після сої впродовж двох років та за внесення суперфосфату значення показника у 2024 році за внесення 60 – 90 кг/га цей показник був від 3,9 до 4,1%, та за внесення 100 кг/га суперфосфату був 4,3%. У 2025 році за внесення 60 – 90 кг/га цей показник був від 4,3 до 4,5 %, та за внесення 100 кг/га суперфосфату був 4,6 %, а у 2026 році від 4,8 до 5,2 %. Середні значення за роки досліджень становили відповідно від 4,33 до 4,53 %.

За внесення карбаміду у 2024 році в нормі від 60 – 90 кг/га отримано значення від 4,0 до 4,2 % при цьому внесення 100 кг/га карбаміду знизило коефіцієнт кушення на 0,4 % і був 3,8 %. Середні показники в дослідженні у цьому році були від 3,9 до 4,2 %.

У варіанті із внесенням діаміфоски у 2024 році показник становив від 3,8 до 4,7%, у 2025 році від 4,1 до 4,7, а у 2026 році 5,0 %, відповідно до норм внесення 60 – 100 кг/га. Середні значення становили від 4,33 до 4,80%.

У контрольному варіанті без внесення добрив але при збагаченому фоні за рахунок вирощування сої на протязі 2-х років значення показника у 2024 від 2,9 до 3,1 %, у 2025 році найвищий коефіцієнт кушення у цьому варіанті досліду 3,4 %, а у 2026 році коливався від 4,1 до 4,5%. Середні значення за роки досліджень становили відповідно від 3,14 до 3,63.

Таблиця 1

**Коефіцієнт кушення пшениці озимої залежно
від норми внесення добрив при посіві, %**

Варіант удобрення	2024			2025			2026			Середнє		
	60 кг/га	90 кг/га	100 кг/га	60 кг/га	90 кг/га	100 кг/га	60 кг/га	90 кг/га	100 кг/га	60 кг/га	90 кг/га	100 кг/га
Суперфосфат	3,9	4,1	4,3	4,3	4,5	4,6	4,8	5	5,2	4,33	4,53	4,70
Карбамід	4,0	4,2	3,8	4,2	3,9	3,9	4,8	4,5	4,9	4,33	4,20	4,20
Діаміфоска	3,8	4	4,7	4,1	4,6	4,7	5,1	4,8	5,0	4,33	4,47	4,80
Без добрив (контроль)	2,9	3	3,1	3,0	3,1	3,4	4,1	4,5	4,4	3,14	3,53	3,63
НІР ₀₅	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	—		

Встановлено вплив попередника та внесення мінеральних добрив на кореневу систему пшениці озимої під початку відновлення весняної вегетації таблиця 2, рисунок 1.

За застосування суперфосфату у 2024 році довжина кореневої системи становила за норм внесення від 60 – 90 кг/га із показником 4,5 см та за внесення 100 кг/га суперфосфату довжина кореневої системи була 4,8 см. У 2025 році ці показники дещо збільшилися від 5,2 до 5,3 см при цьому 2026 році цей показник був від 5 до 5,5 см. Середні значення за роки дослідження становили від 4,93 до 5,2 см, що вказує на позитивний ефект фосфорних добрив на розвиток кореневої системи.

Таблиця 2

**Довжина кореневої системи пшениці озимої на початок відновлення
вегетації в залежності від попередника на тлі внесення мінеральних добрив
та попередника, см**

Варіант удобрення	2024			2025			2026			Середнє		
	60 кг/га	90 кг/га	100 кг/га	60 кг/га	90 кг/га	100 кг/га	60 кг/га	90 кг/га	100 кг/га	60 кг/га	90 кг/га	100 кг/га
Суперфосфат	4,5	4,5	4,8	5,2	5,3	5,3	5,1	5,0	5,5	4,9	4,9	5,2
Карбамід	4,0	4,5	4,3	6,8	6,0	7,1	6,8	7,1	7,3	5,9	5,9	6,2
Діаміфоска	8,1	8,5	8,3	8,7	9,0	9,0	8,3	9,8	10,0	8,4	9,1	9,1
Без добрив (контроль)	5,0	4,3	4,5	4,1	5,3	5,0	5,1	5,2	5,4	4,7	4,9	5,0
НІР ₀₅	1,0	1,0	1,0	1,2	1,2	1,3	1,2	1,3	1,4	—		

Застосування азотних добрив при посіві пшениці озимої збільшили довжину кореневої системи. У 2024 році довжина кореневої системи збільшувалась за нормами внесення карбаміду, у варіантах із внесення 60 – 90 кг/га довжина кореневої системи була від 4,0 до 4,5 см, у 2025 році цей показник змінювався за роками

дослідження і був від 6,0 до 7,1 см та у 2026 році від 6,8 до 7,3 см. Середні значення становили від 5,87 до 6,23 см відповідно до норм внесення. Збільшення середніх показників супроводжувалося підвищенням між річної мінливості, що свідчить про значну залежність ефективності азотного живлення від погодних умов вегетаційного періоду.

Найкращими показниками довжини кореневої системи виявився у варіантах із застосуванням діаміфоски при посіві. У 2024 році довжина кореневої системи становила 8,1 – 8,5 см, у 2025 році від 8,7 до 9,0 см, а у 2026 році від 8,3 до 10,0 см. Середні багаторічні значення становили від 8,37 до 9,10 см, що перевищувало контрольний варіант у середньому від 3,4 до 4,1 см. Невисока варіація показників у межах років свідчить про стабільність дії комплексного мінерального удобрення.

У контрольному варіанті без внесення добрив довжина кореневої системи у 2024 році становила від 4,3 до 5,0 см, у 2025 році від 4,1 до 5,3 см, а у 2026 році від 5,1 до 5,4 см. Середні значення перебували в межах від 4,73 до 4,97 см, що статистично поступалося варіантам із застосуванням добрив.

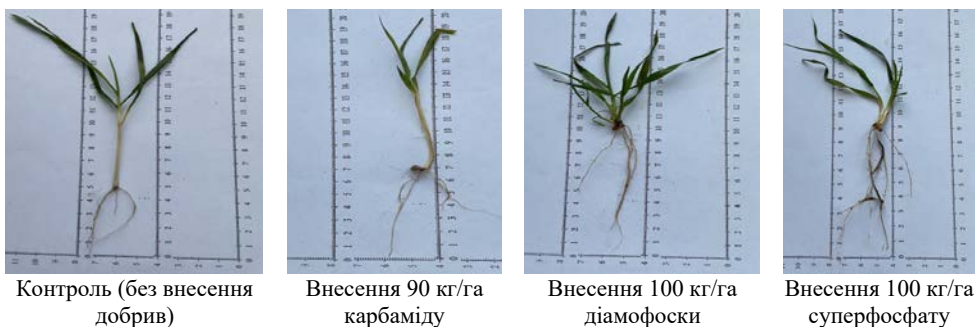


Рис. 1. Лінійні параметри рослин пшениці озимої BBCH 12 – 20 на тлі внесення мінеральних добрив при посіві, 2026 р.

Аналіз представлених даних свідчить, що варіанти мінерального живлення загалом зумовлювали певні відмінності у формуванні загальної довжини рослин, хоча характер варіювання показників був помірним і залежав як від виду добрива, так і від року досліджень (рисунок 2).

У 2024 році значення досліджуваного показника перебували у відносно вузькому інтервалі від 14 до 17 см, що вказує на однорідність умов вегетації та порівняно обмежений вплив удобрення на початкових етапах росту культури. Зокрема, за внесення суперфосфату довжина рослин була від 16 до 17 см, тоді як застосування карбаміду супроводжувалося більш контрастною реакцією рослин від 14 до 17 см, що свідчить про варіабельність засвоєння азоту за конкретних ґрунтово-кліматичних умов року.

Діаміфоска забезпечувала відносно стабільні значення від 16 до 17 см, тоді як на контролі без внесення добрив показники характеризувалися найбільшою амплітудою коливань від 14 до 17 см, що відображає залежність ростових процесів від природної родючості ґрунту.

У 2025 році спостерігалось загальне підвищення значень досліджуваного показника порівняно з попереднім роком, що зумовлено більш сприятливими погодними умовами та підвищеною ефективністю використання елементів живлення. За внесення суперфосфату довжина рослин досягала від 19 до 20 см, що

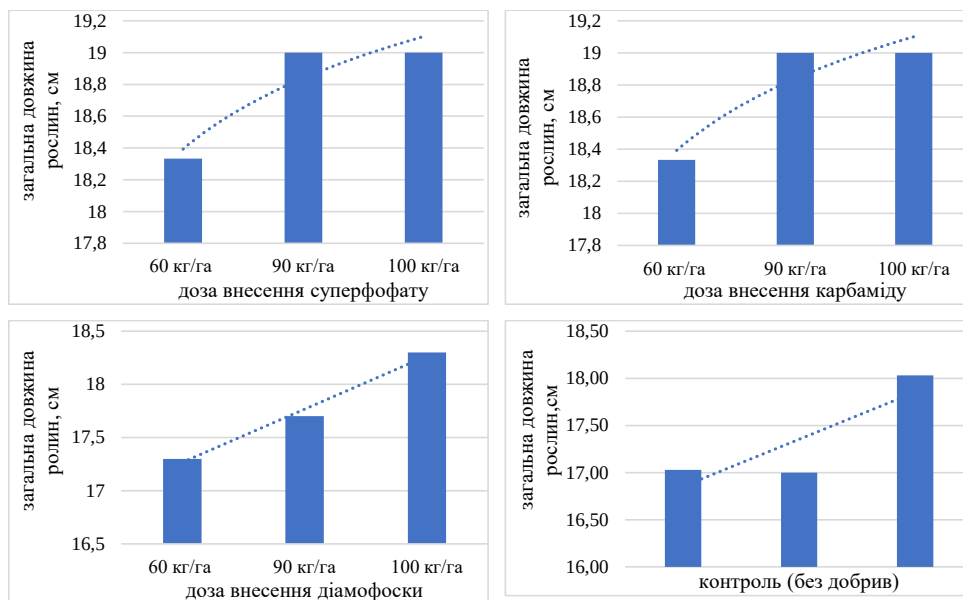


Рис. 2. Загальна довжина рослин пшениці озимої на час відновлення вегетації після перезимівлі за роки дослідження, см

є одним із найвищих значень серед усіх варіантів удобрення. Використання карбаміду забезпечувало дещо нижчі показники від 18 до 20 см, однак вони також характеризувалися високим рівнем інтенсивності ростових процесів.

Діамофоска формувала відносно вирівняні значення на рівні 18 см, що може свідчити про стабільність її впливу на морфогенез рослин. У варіанті без внесення добрив довжина рослин становила 19 см незалежно від норми, що вказує на значний потенціал післядії попередника сої вирощування впродовж 2 років.

У 2026 році відзначено подальшу тенденцію до зростання морфометричних показників, особливо за використання фосфорних і комплексних добрив. Найвищі значення зафіксовано за внесення суперфосфату від 20 до 21 см, що свідчить про його позитивний вплив на формування вегетативної маси та активізацію ростових процесів.

Карбамід забезпечував дещо нижчі, але достатньо високі показники від 16 до 20 см, що вказує на варіативність реакції рослин залежно від рівня азотного живлення. За внесення діамофоски показники становили від 18 до 20 см і характеризувалися відносною стабільністю. Контрольний варіант демонстрував значення від 17 до 19 см, що підтверджує важливу роль мінерального живлення у стимулюванні інтенсивності росту в залежності від попередника.

Висновки. Дослідження показали, що коефіцієнт кушення, розвиток кореневої системи та інтенсивність росту пшениці озимої істотно залежали від виду мінерального удобрення, норм їх внесення та погодних умов років досліджень.

Внесення суперфосфату забезпечувало стабільне підвищення коефіцієнта кушення від 4,3 до 5,2 % при середньому значенні 4,53 %, що перевищувало контроль 3,14 %.

Застосування карбаміду у нормі 60–90 кг/га забезпечувало показник 4,2 %, однак підвищення норми до 100 кг/га знижувало його до 3,8 %. Найвищі середні

значення коефіцієнта кушення відзначено за внесення діамофоски були від 4,33 до 4,80 %.

Мінеральні добрива сприяли інтенсивнішому розвитку кореневої системи. За внесення суперфосфату довжина коренів становила в середньому від 4,93 до 5,2 см, за використання карбаміду від 5,87 до 6,23 см, тоді як найвищі показники забезпечувала діамофоска 10 см, що перевищувало контроль на 4,1 см.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Kassu. T., D. Habte., W. Admasu., A. Admasu., B. Abdulkadir., A. Tadesse., A. Mekonnen., A. Debebe. Effects of preceding crops and nitrogen fertilizer on the productivity and quality of malting barley in tropical environment. *Kulumsa Agricultural Research Center, Ethiopian Institute of Agricultural Research*. 2021. № 7. (5). P. 1-11.
2. Lynch., J. Root phenes for enhanced soil exploration and phosphorus acquisition: tools for future crops. *Plant Physiology*. 2011. №. 156 P. 1041–1049.
3. Maeght. J., Rewald. B., Pierret. A. How to study deep roots—and why it matters. *Frontiers*. 2013. V. № 4. P. 1-14.
4. Городній М. М., Агрохімія. Київ.: ТОВ Алефа, 2003. 778 с.
5. Вільфлуш. І. Р., Циганов. А. Р., Дєєва. В. П., Гурбан. К. А. Ефективність застосування нових регуляторів росту під час вирощування зернових культур на дерново-підзолистих ґрунтах. *Міжнар. аграр. журн.* 2000. № 12. С. 20–23.
6. Kawata. S., M. The superficial root formation and yield of hulled rice. *Jpn. J. Crop Sci.* 1978. № 47. P. 617–628.
7. Шевченко А. І. Озимі зернові: технологічні перспективи. *Агровісник України*. 2008. № 8. С. 28–32.
8. Кудря С. І. Урожайність пшениці озимої залежно від погодних умов і попередників. Наукові основи землеробства у зв'язку з потеплінням клімату: *Матеріали доповідей Міжнародної науково-практичної конференції*. Миколаїв: МДАУ. 2010. С. 168-171.
9. Ярчук І. І., Вплив строків сівби на врожайність озимої твердої пшениці. *Бюлетень Ін-ту зернового господарства*. 2001. №15, 16. С. 66-67.
10. Solodushko. M. M., Gasanova. I. I., Pedash. O. O., Yaroshenko. S.S., Drumova. O. M., Yerashova. M.V., Bezsusidnya. Y.V., Zavalypich. N.O., Effect of mineral nutrition on winter wheat yield after sunflower in Ukrainian steppe zone. *Ukrainian Journal of Ecology*, 2021. 11(7). 179-184.
11. Xiaojie. F., Lu. Yang., Suoqian. Kang., Yangbo. Huai., Yuanwei. Gan., Shuhui Song., Yonghua Li. Tiller growth and mortality in winter wheat as affected by carbon and nitrogen partitioning via stem internode structure. *Field Crops Research*. 2025. № 330. P. 109970.

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 551.509.313:632.111:633/635

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.3.4>

МЕТОДОЛОГІЯ ВИБОРУ ГЛОБАЛЬНИХ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ПРОДУКТІВ ДЛЯ АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОСЛИННИЦТВА

Панфілова А.В. – д.с.-г.н., професор,

завідувач кафедри рослинництва та садово-паркового господарства,

Миколаївський національний аграрний університет

orcid.org/0000-0003-0006-4090

Кошкін Д.Л. – к.т.н., доцент,

директор навчально-наукового механіко-технологічного інституту,

Миколаївський національний аграрний університет

orcid.org/0000-0002-6927-8487

У статті досліджено проблему вибору та використання глобальних метеорологічних продуктів у системі агрометеорологічного забезпечення рослинництва в умовах обмеженої доступності наземних спостережень і зростання ролі відкритих джерел даних. Запропоновано методологічну рамку, що забезпечує фізично узгоджений підхід до використання метеорологічної інформації та включає систематизацію джерел, формалізацію каскаду поширення похибок і алгоритм вибору джерела для конкретних задач.

Виконано систематизацію 15 джерел метеорологічних даних за функціональним призначенням і дев'ятьма аналітичними критеріями з виділенням п'яти типів: наземні спостереження, глобальні реаналізи, агрокліматичні сервіси, супутникові продукти та API-агрегатори. Для коректного міжджерельного порівняння використано єдину систему термодинамічних співвідношень (FAO-56, формула Тетенса), що описує перехід від температури повітря і температури точки роси до похідних показників – відносної вологості, дефіциту тиску водяної пари та суми ефективних температур. На основі аналітичної лінеаризації досліджено каскад поширення похибок від первинних змінних до похідних показників. Отримано вираз для коефіцієнта підсилення відносної похибки для пари «температура – дефіцит тиску водяної пари». За типових літніх умов Південного Степу України значення коефіцієнта 2,22–2,86 свідчить про високу чутливість похідного параметра до температурних змін. Показано, що навіть незначні систематичні відхилення температури можуть призводити до агрономічно значущих змін суми ефективних температур і, відповідно, зміщення прогнозованих строків настання фаз росту і розвитку культур. Доведено, що жодне джерело метеорологічних даних не є універсально оптимальним, що зумовлює задачо-орієнтований підхід до його вибору. Розроблено алгоритм вибору метеорологічного продукту, ключовою особливістю якого є обов'язковий перерахунок похідних параметрів із первинних змінних.

Ключові слова: агрометеорологічне забезпечення, глобальні метеорологічні продукти, дефіцит тиску водяної пари, сума ефективних температур, каскад похибок.

Panfilova A.V., Koshkin D.L. Methodology for the Selection of Global Meteorological Products in Agrometeorological Support of Crop Production

This study addresses the problem of selecting and applying global meteorological datasets for agro-meteorological support of crop production under conditions of limited availability of ground-based observations and the increasing reliance on open-access data. A methodological framework is proposed to ensure a physically consistent use of meteorological data, including the classification of data sources, formalization of error propagation, and a decision-support algorithm for dataset selection tailored to specific agro-meteorological applications.

A total of 15 meteorological datasets were classified according to their functional



© Панфілова А.В., Кошкін Д.Л., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

characteristics and nine analytical criteria, resulting in five categories: in situ observations, global reanalysis products, agroclimatic services, satellite-based products, and API-based aggregators. To ensure consistency in inter-dataset comparison, a unified thermodynamic framework (FAO-56 and the Tetens equation) was applied to derive key agroclimatic variables from primary inputs (air temperature and dew point temperature), including relative humidity, vapor pressure deficit (VPD), and growing degree days (GDD). The propagation of uncertainties from primary variables to derived indicators was analyzed using analytical linearization, and an explicit expression for the error amplification factor for the “temperature–VPD” relationship was obtained. The amplification factor ranges from 2.22 to 2.86 under typical summer conditions of the Southern Steppe zone of Ukraine, indicating a strong sensitivity of VPD to temperature biases. It is shown that even small systematic temperature errors can result in agronomically significant deviations in GDD and, consequently, shifts in the predicted timing of crop phenological stages. The results demonstrate that no single dataset is universally optimal across all evaluation criteria, supporting a task-specific approach to dataset selection. An algorithm for selecting a meteorological product has been developed, the key feature of which is the mandatory recalculation of derived parameters from the primary variables.

Key words: *agrometeorological support, global meteorological products, vapor pressure deficit (VPD), growing degree days (GDD), error propagation.*

Актуальність теми дослідження. Агrometeorологічне забезпечення рослинництва в Україні традиційно базується на мережі метеорологічних станцій Українського гідрометеорологічного центру. Наземні спостереження, які координуються Укргідрометцентром, залишаються еталонним джерелом. Водночас щільність мережі є нерівномірною, а з 2022 року частина станцій зазнала руйнувань або функціонує з перебоями, внаслідок чого глобальні продукти дедалі частіше стають основним, а не допоміжним джерелом метеоданих для наукових установ та агровиробників.

Останнє десятиліття характеризується стрімким зростанням доступності глобальних метеорологічних продуктів – реаналізів (ERA5-Land, MERRA-2), спеціалізованих сервісів (NASA POWER), API-агрегаторів (Open-Meteo) та супутникових даних (CHIRPS, MODIS LST) [1, 2, 3, 4, 5]. Ці джерела суттєво відрізняються за фізичною природою, просторовою роздільністю та доступністю. Глобальні реаналізи ERA5-Land (~9 км, ECMWF) [1, 2] та MERRA-2 (~0,5°, NASA) забезпечують фізично узгоджені часові ряди температури, вологості, опадів і радіації [10]. На їх основі створено спеціалізовані агрокліматичні сервіси – зокрема NASA POWER [4], а також API-агрегатори (Open-Meteo) [3], що надають програмний доступ до метеорологічних даних різного походження. Окрему групу становлять супутникові продукти оцінки опадів (CHIRPS) [11] та температури поверхні (MODIS LST). У цьому дослідженні акцент зроблено на відкритих і безкоштовно доступних наборах даних, які забезпечують відтворюваність результатів і практичну застосовність, хоча комерційні продукти можуть пропонувати вищу просторово-часову роздільну здатність і деталізацію.

Попри розмаїття доступних джерел, їхнє використання в агrometeorологічній практиці залишається переважно несистематизованим. Валідація глобальних продуктів засвідчила високу узгодженість температурних полів ERA5-Land із наземними спостереженнями [12], тоді як для опадів фіксуються систематичні зміщення. Порівняння ERA5 і NASA POWER показало неоднорідну точність залежно від кліматичних умов [13, 14]. Водночас у науковій літературі обмежено представлені дослідження, присвячені API-агрегаторам (зокрема Open-Meteo). Більшість робіт зосереджена на порівнянні первинних параметрів (температура повітря t , температура точки роси t_d), тоді як поширення похибок при розрахунку похідних агрокліматичних індикаторів, таких як відносна вологість повітря f , дефіцит тиску

водяної пари d , сума ефективних температур $\sum t_{\text{ef}}$, евапотранспірація ET_0 , для умов Південного Степу України залишається недослідженим. Це обмежує можливість коректної інтерпретації міжджерельних відмінностей у прикладних агрометеорологічних розрахунках.

Постановка проблеми. Попри широке використання глобальних метеорологічних продуктів у системах агрометеорологічного забезпечення рослинництва, відсутні чітко визначені підходи до їх вибору та узгодженого використання, що ускладнює забезпечення надійності розрахунків у практичних застосуваннях. Сучасні джерела метеоданих істотно відрізняються за фізичною природою (*in situ* спостереження, реаналізи, супутникові продукти, модельні прогнози), просторово-часовою роздільністю, алгоритмами обробки та набором доступних параметрів, що ускладнює їх коректне порівняння та інтеграцію в агрономічні моделі. На практиці вибір джерела даних часто здійснюється за критерієм доступності або зручності використання, тоді як об'єктивні показники придатності – точність відтворення ключових метеорологічних змінних, термодинамічна узгодженість, відповідність просторового масштабу задачі – залишаються поза системним аналізом.

Додатковою проблемою є некоректне зіставлення похідних агрокліматичних параметрів, отриманих безпосередньо з різних джерел. Таке порівняння змішує реальні міжджерельні розбіжності з методичними похибками, зумовленими відмінностями внутрішніх алгоритмів розрахунку – різними апроксимаціями насиченого тиску пари, психрометричними константами та схемами часової агрегації [6, 7].

Нелінійна залежність насиченого тиску водяної пари від температури повітря зумовлює підсилення навіть незначних температурних розбіжностей у дефіциті тиску водяної пари, тоді як сума ефективних температур, як інтегральний показник, акумулює систематичні зміщення температури упродовж вегетаційного періоду. У сукупності ці механізми формують каскадну трансформацію температурних розбіжностей у похідних агрокліматичних індикаторах, що може призводити до агрономічно значущих відхилень у визначенні строків настання фаз росту і розвитку сільськогосподарських культур [8, 9]. Водночас кількісна оцінка таких ланцюгів трансформації температурних похибок у дефіцит тиску водяної пари ($t \rightarrow E \rightarrow d$) та суму ефективних температур ($t \rightarrow \sum t_{\text{ef}}$) для умов Південного Степу України в науковій літературі залишається обмеженою.

Отже, вибір метеорологічного продукту впливає не лише на абсолютні значення агрокліматичних показників, а й на агрономічні рішення, що на них ґрунтуються. Зазначені прогалини зумовлюють потребу в розробці методичної рамки, яка забезпечить фізично узгоджене використання метеорологічної інформації та підвищить достовірність агрометеорологічних розрахунків і прийняття агрономічних рішень.

Методика досліджень. Вибір метеорологічного продукту для агрометеорологічного забезпечення рослинництва є нетривіальним завданням внаслідок неоднорідності доступних джерел за походженням, просторово-часовими характеристиками та набором параметрів. За основний критерій систематизації прийнято функціональне призначення джерела, тобто його здатність забезпечити фізично коректне відтворення агрометеорологічних параметрів (температура повітря та ґрунту, вологість ґрунту, сума ефективних температур, евапотранспірація, опади) [15] з просторово-часовою роздільністю, що відповідає масштабу агрономічної задачі (поле – господарство – регіон).

На основі аналізу 15 джерел агрометеорологічних даних за критерієм функціонального призначення виділено п'ять функціональних типів:

Тип I. Первинні наземні спостереження – станції Укргідрометцентру та автоматичні метеостанції (АМС). Забезпечують точкові *in situ* вимірювання з частотою до 5 хв, слугують еталоном верифікації та є незамінними для локального агрометеорологічного спостереження [14].

Тип II. Глобальні реаналізи – ERA5-Land (ECMWF), MERRA-2 (NASA GMAO), GLDAS (NASA/NOAA), CFSv2 (NCEP/NOAA). Метеорологічні дані формуються за допомогою ретроспективного моделювання атмосфери з використанням асиміляції різнорідних спостережень. Дані джерела характеризуються глобальною термодинамічною узгодженістю, безперервними часовими рядами, починаючи з 1950 р., та є основою для кліматичного аналізу і ретроспективного агрокліматичного моделювання.

Тип III. Спеціалізовані агрокліматичні продукти – NASA POWER, AgERA5 (ECMWF). Дані формуються з урахуванням специфіки аграрної сфери на основі реаналізу, зокрема проводиться добова агрегація параметрів, обчислення суми ефективних температур і виконується корекція з урахуванням рельєфу місцевості. Такі дані є оптимальними для використання у моделюванні урожайності сільськогосподарських культур та плануванні зрошення.

Тип IV. Супутникові продукти – CHIRPS, MODIS LST, SMAP, IMERG/GPM, Sentinel-1 (ESA). Супутникові дані забезпечують просторову деталізацію від метрів до кількох кілометрів (до ~ 9 км) для визначення вологості ґрунту, температури земної поверхні та вегетаційних індексів.

Тип V. API-агрегатори (Open-Meteo, Tomorrow.io) надають багатомодельні продукти з мінімальною затримкою для оперативного управління агровиробництвом.

Для забезпечення коректного міжджерельного порівняння всі похідні агрокліматичні показники – відносна вологість повітря f , дефіцит тиску водяної пари d , сума ефективних температур $\sum t_{\text{ef}}$ – було перераховано за єдиними формулами (1-3) незалежно від джерела агрометеорологічних даних. При цьому як базові змінні використовували температуру повітря t та температуру точки роси t_d . Такий підхід забезпечує уніфікованість обчислень і дає змогу інтерпретувати міжджерельні розбіжності у похідних параметрах виключно як наслідок відмінностей у відтворенні температури t та t_d .

Відносну вологість повітря визначали за формулою:

$$RH = e_a / (e_s(T)) \cdot 100\% = \frac{e}{E} \cdot 100\%, \quad (1)$$

де E – тиск насиченої водяної пари, кПа, e – парціальний (фактичний) тиск водяної пари, кПа.

Дефіцит тиску водяної пари:

$$d = E - e. \quad (2)$$

Сума ефективних температур:

$$t_{\text{ef}} = \sum_{i=1}^n \max(t_{\text{сеп},i} - |B|, 0), \quad (3)$$

де $t_{\text{сеп},i}$ – середньодобова температура i -ї доби, °C; B – біологічний мінімум культури, °C; n – тривалість вегетаційного періоду (діб).

Для оцінки підсилення температурних похибок у дефіциті тиску водяної пари використано лінеаризацію за малим збуренням Δt за умови фіксованого фактичного тиску водяної пари ($e = \text{const}$). У цьому випадку відносні похибки похідних показників визначаються їх температурною чутливістю, а коефіцієнт підсилення відносної похибки дефіциту тиску водяної пари d порівняно з відносною похибкою відносної вологості f набуває вигляду:

$$K(f) = \frac{\Delta d / d}{\Delta f / f} = \frac{1}{1 - f / 100}. \quad (4)$$

Для суми ефективних температур за наявності систематичного зміщення Δt протягом сезону тривалістю n діб:

$$\Delta \Sigma t_{\text{еф}} \approx n \cdot \Delta t. \quad (5)$$

Результати досліджень. Для операційного вибору метеорологічного продукту нами запропоновано матрицю систематизації джерел агрометеорологічних даних за дев'ятьма критеріями (табл. 1), що охоплюють технічні, фізичні та прикладні характеристики: просторову роздільність, часову дискретність, глибину архіву, фізичну природу даних, термодинамічну узгодженість, наявність програмного інтерфейсу (API), деталізацію мікроклімату, затримку отримання даних та наявність специфічних агрометеорологічних параметрів.

Первинні наземні спостереження (Тип I). Мережа Укргідрометцентру (~200 агрометеостанцій) та АМС приватних операторів забезпечують вимірювання з часовою роздільністю 5–60 хв і є незамінним еталоном верифікації для всіх інших продуктів. Принциповою обмеженістю використання наземних спостережень є їх точковий характер та нерівномірне просторове покриття, особливо на зрошуваних територіях півдня України. Первинні наземні спостереження є обов'язковим компонентом для локальних агрометеорологічних та польових досліджень.

Глобальні реаналізи (Тип II). ERA5-Land є одним із базових стандартів для ретроспективного агрокліматичного моделювання завдяки глобальній фізичній узгодженості та широкому охопленню параметрів, зокрема вологості на чотирьох рівнях ґрунтового профілю. MERRA-2 (Modern-Era Retrospective analysis for Research and Applications, Version 2) використовується для аналізу атмосферних процесів, прогнозування клімату та дослідження якості атмосферного повітря. MERRA-2 є більш точним, ніж ERA5-Land, у відтворенні аерозолів і радіаційного балансу, що має важливе значення для розрахунків радіаційного балансу і, опосередковано, температурного режиму та дефіциту тиску водяної пари під час пилових бур. GLDAS є найбільш спеціалізованим реаналізом для гідрологічних агрозастосувань, що інтегрує різноманітні джерела спостережень, зокрема дані про опади, температуру повітря, радіацію та супутникові вимірювання, і використовує моделі поверхні суші для формування узгоджених глобальних наборів гідрологічних змінних. CFSv2 вирізняється тим, що поєднує погодинний реаналіз з 1979 р. та сезонний прогноз, що надає можливість агрокліматичної ретроспективи і сценарного планування в рамках єдиного продукту.

Спеціалізовані агрокліматичні продукти (Тип III). NASA POWER і AgERA5 – це продукти, похідні від реаналізів, які мають додаткову агрометеорологічну обробку. NASA POWER надає понад 300 агрокліматичних показників, зокрема сонячну радіацію та суму ефективних температур, через зручний інтерфейс без необхідності реєстрації. AgERA5 вирізняється формуванням щоденних агрегованих даних, узгоджених із місцевим астрономічним днем, що дозволяє уникнути часових зміщень між UTC-добого та агрономічного добого.

Таблиця 1

**Матриця систематизації джерел агрометеорологічних даних
за функціональними типами та аналітичними критеріями**

№ п/п	Критерій	Первинні наземні спостереження	Глобальні реаналізи	Спеціалізовані агрокліматичні продукти	Супутникові продукти	API агрегатори
1	Просторова роздільність	Точкова (≤ 1 км)	$\sim 9 - 50$ км	$\sim 9 - 50$ км (агрегат)	~ 10 м – 9 км	$\sim 1 - 11$ км
2	Часова дискретність	$5 - 60$ хв	1 год – 1 доба	добово	30 хв – 16 діб	1 хв – 1 год
3	Глибина архіву	1900 р. – дотепер	$1950/1979$ рр. – дотепер	1981 р. – дотепер	$2000/2015$ рр. – дотепер	$1 - 5$ років
4	Фізична природа даних	Натурні вимірювання (<i>in situ</i>)	Моделювання з асиміляцією	Базується на реаналізах (ERA5, MERRA-2)	Дистанційне зондування	Моделльні прогнози
5	Термодинамічна узгодженість	Висока (локально)	Висока (глобально узгоджена)	Визначається базовим реаналізом	Залежить від продукту	Неоднорідна
6	Наявність API	Обмежена	Так (CDS, GEE)	Так (POWER, AgERA5)	Так (GEE, Copernicus)	Так (нативні API)
7	Деталізація мікроклімату	Висока	Низька	Низька	Середня – висока (Sentinel)	Середня
8	Затримка даних (latency)	Реальний час – 1 год	$5 - 7$ діб	$24 - 48$ год	$1 - 2$ доби	Реальний час
9	Агрометеопараметри	t, f, P , вітер	ET_0, W, LST, t, P	$\sum t_{\text{еф}}, ET_0, W$, радіація	$NDVI, LST, W$	t, f, P , індекси

Примітка: t – температура повітря; f – відносна вологість повітря; W – вологість ґрунту; ET_0 – евапотранспірація; LST – температура земної поверхні; $\sum t_{\text{еф}}$ – сума ефективних температур; P – опади; $NDVI$ – нормалізований вегетаційний індекс.

Супутникові продукти (Тип IV). SMAP (просторова роздільність ~ 3 км) є еталонним продуктом для глобального вимірювання вологості ґрунту та стану замерзання або відтавання поверхні Землі з глобальним покриттям кожні 2–3 дні. Супутник Sentinel-1 (просторова роздільність ~ 5 м), оснащений радаром із синтетичною апертурою (SAR), забезпечує внутрішньопольову деталізацію для моніторингу вологості ґрунту та фенологічних фаз рослин, проте потребує радіометричної корекції й формування часових рядів зворотного розсіювання (backscatter) за поляризаціями VV і VH. MODIS LST (просторова роздільність ~ 1 км) є стандартним продуктом для теплового картування поверхні – ґрунту, рослинного покриву, піщаних масивів, асфальтованих покриттів – і відображає температуру земної поверхні, а не температуру повітря. CHIRPS (просторова роздільність ~ 5 км) та IMERG/GPM (~ 10 км) є взаємодоповнюваними супутниковими продуктами для оцінки кількості атмосферних опадів. CHIRPS вирізняється тривалим кліматичним рядом спостережень і вищою часовою стабільністю, що робить його

придатнішим для аналізу посушливих періодів, тоді як IMERG доцільніше застосовувати для моніторингу інтенсивних і екстремальних опадів.

Агрегаційні сервіси з API (Тип V). Open-Meteo (некомерційний) та Tomorrow.io (комерційний) належать до окремого функціонального класу метеорологічних продуктів. Вони не є первинними джерелами спостережень, а забезпечують агрегований доступ до вихідних даних чисельних моделей та реаналізів через уніфікований програмний інтерфейс (API). Для наукових агрометеорологічних досліджень їхня цінність визначається можливістю оперативного доступу до ансамблевих прогнозів атмосферного стану, однак використання цих джерел потребує обов'язкового зазначення базових моделей чисельного прогнозування та верифікації відносно еталонних наземних спостережень.

Як зазначено в методиці, всі похідні параметри було обчислено з первинних змінних, що дозволило виключити методичні розбіжності між джерелами, адже внутрішні алгоритми агрегації глобальних агрокліматичних продуктів можуть вносити систематичні відмінності, не пов'язані з якістю відтворення атмосферних полів.

Проведений нами аналіз залежності Δd від температури повітря при фіксованому зміщенні $\Delta t = 1^\circ\text{C}$ представлено на рисунку 1. На відміну від рівняння (4) для коефіцієнта $K(f)$, де фіксовано фактичний тиск водяної пари ($e = \text{const}$), графіки побудовано за умови фіксованої відносної вологості повітря для трьох рівнів f (40%, 60% та 80%), що дозволяє одночасно візуалізувати вплив температурного рівня та ступеня зволоження атмосфери на абсолютну величину похибки дефіциту тиску водяної пари.

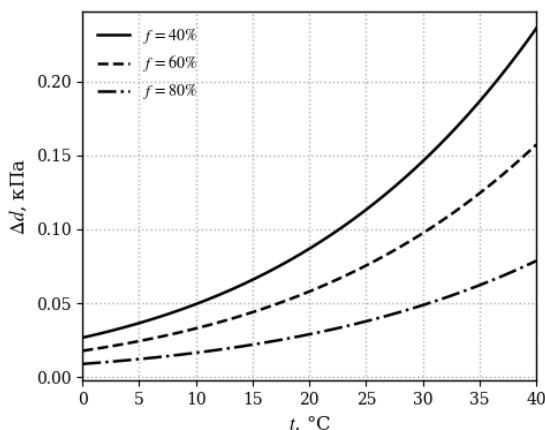


Рис. 1. Аналітична залежність Δd від температури повітря t при $\Delta t = 1^\circ\text{C}$ для відносної вологості повітря $f = 40, 60$ та 80%

Нелінійний (експоненційний) характер кривих безпосередньо відображає вплив функції Тетенса: при підвищенні температури від $+10$ до $+35^\circ\text{C}$ абсолютна похибка Δd зростає у 2,5 – 3,0 рази для всіх рівнів відносної вологості повітря f . Коефіцієнт підсилення залежить від відносної вологості повітря, яка для типових літніх умов Південного Степу України складає 55 – 65%, і становить:

$$K(55\%) = 2,22; K(60\%) = 2,50; K(65\%) = 2,86.$$

Отже, навіть помірна температурна похибка трансформується у суттєво більшу відносну похибку d . Це означає, що d є більш чутливим індикатором температурних зміщень, ніж відносна вологість повітря, що принципово важливо при

міжджерельному порівнянні глобальних метеорологічних продуктів.

Таким чином, проблема підсилення похибок є найгострішою саме в літні місяці вегетаційного періоду сільськогосподарських культур – критичний період для рослинництва Південного Степу України, коли температура повітря регулярно перевищує позначку $+25...+30^{\circ}\text{C}$, а останні роки (2024 – 2025 рр.) перевищує позначку в $+40^{\circ}\text{C}$.

Для суми ефективних температур встановлено, що систематична похибка $\Delta t = 0,5^{\circ}\text{C}$ за $n = 150$ вегетаційних діб спричиняє $\Delta \sum t_{\text{еф}} \approx 75^{\circ}\text{C} \cdot \text{доба}$. Зважаючи, що типовий добовий приріст ефективних температур у літній період на Півдні України складає $15\text{--}25^{\circ}\text{C}$, зазначене відхилення ($75^{\circ}\text{C} \cdot \text{доба}$) еквівалентно зміщенню настання розрахункової фази на 3–5 діб, що є агрономічно значущою величиною при плануванні агротехнічних заходів.

На основі систематизації джерел агрометеорологічних даних та аналізу каскадної трансформації температурних розбіжностей сформовано узагальнену критеріальну рамку вибору джерел. Вона враховує тип джерела, просторовий і часовий масштаб та чутливість похідних агрокліматичних показників до температурних відхилень. Показано, що допустимий рівень похибки температури визначається характером залежності відповідних індикаторів: для нелінійних (дефіцит тиску водяної пари) та кумулятивних показників (суми ефективних температур) вимоги до точності є суттєво жорсткішими.

ERA5-Land може розглядатися як базове джерело для більшості агрокліматичних задач завдяки фізичній узгодженості та високій якості відтворення температурного режиму. Водночас для задач, чутливих до екстремумів вологості або інтенсивних опадів, доцільним є поєднання реаналізних і супутникових продуктів або використання локальних вимірювань.

На основі запропонованої критеріальної рамки розроблено алгоритм вибору джерела метеорологічних даних (рис. 2).

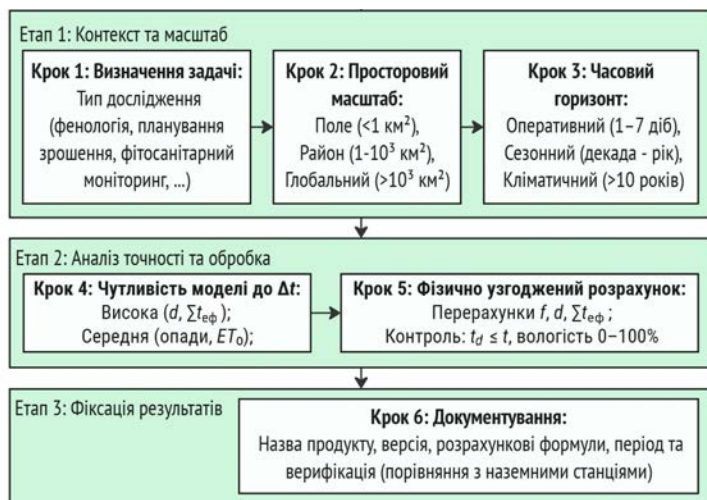


Рис. 2. Алгоритм вибору джерела метеорологічних даних для агрометеорологічного забезпечення рослинництва

Алгоритм структурований за принципом послідовного звуження простору рішень: перші чотири кроки визначають оптимальне джерело, п'ятий – забезпечує фізичну коректність розрахунку похідних параметрів, шостий – відтворюваність дослідження.

Крок 1 (визначення задачі) і Крок 2 (просторовий масштаб) разом визначають просторові вимоги: задачі рівня поля однозначно вказують на наземні спостереження та АМС або супутникові продукти з роздільною здатністю ≤ 100 м (Sentinel-1), тоді як регіональні задачі допускають реаналіз.

Крок 3 (часовий горизонт) визначає тип архіву: оперативні задачі – Open-Meteo або Tomorrow.io, кліматичні – ERA5-Land або NASA POWER.

Крок 4 (чутливість моделі до зміни температури) є нетривіальним і ключовим: він вимагає врахування коефіцієнта підсилення при виборі між джерелами з різною точністю відтворення температури повітря. Якщо задача чутлива до дефіциту тиску водяної пари або суми ефективних температур, джерело з систематичним зміщенням $\Delta t > 0,5^\circ\text{C}$ є неприйнятним, навіть якщо воно задовольняє всі інші критерії.

Крок 5 (фізично узгоджений розрахунок) є концептуальною новизною алгоритму. На відміну від традиційного підходу, де відносна вологість повітря та дефіцит тиску водяної пари використовуються безпосередньо з джерела, застосування єдиної схеми розрахунку похідних параметрів забезпечує фізичну узгодженість результатів. Це перетворює вибір джерела з суто технічної процедури на формалізований і відтворюваний етап моделювання.

Крок 6 (документування) є умовою відтворюваності: фіксація джерела агрометеорологічних даних, його версії, формульної бази та результатів верифікації відносно наземних спостережень.

Запропонована критеріальна рамка є переважно концептуальною і потребує емпіричної верифікації для конкретних природно-кліматичних зон України. Аналіз каскаду похибок виконано для умов Південного Степу України, що обмежує пряме просторове узагальнення, хоча встановлені механізми підсилення мають фізичну, а не географічну природу і є справедливими для будь-якого регіону з відносною вологістю повітря 55–65% у літні місяці. При цьому окремої адаптації потребують специфічні застосування джерел агрометеорологічних даних – прогноз якості врожаю, застосування елементів технології вирощування сільськогосподарських культур та ін. Оцінки коефіцієнта підсилення отримано в рамках лінеаризованої моделі, за значних зміщень значень температури повітря ($> 1,5^\circ\text{C}$) необхідний нелінійний розрахунок.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Запропонована матриця систематизації за п'ятьма функціональними типами та дев'ятьма аналітичними критеріями дозволяє однозначно позиціонувати кожне джерело метеорологічних даних у контексті конкретної агрометеорологічної задачі. Для ретроспективного моделювання урожайності сільськогосподарських культур (1981–2025) краще використовувати ERA5-Land або AgERA5, як фізично узгоджені продукти з підтвердженою якістю відтворення температурного режиму та запасу вологи у ґрунті Південного Степу України. Верифікацію даних обов'язково необхідно проводити відносно наземних спостережень АМС або Укргідрометцентру. Для оперативного агрометеорологічного супроводу упродовж вегетаційного періоду доцільно поєднувати інформацію декількох джерел, наприклад SMAP (вологість ґрунту), IMERG (опадів) та Open-Meteo (короткостроковий прогноз) з верифікацією на АМС господарств.

Уніфікований розрахунок похідних параметрів (відносної вологості, дефіциту тиску водяної пари та суми ефективних температур) є необхідною умовою коректного міжджерельного порівняння – внутрішні алгоритми агрегації продуктів можуть вносити систематичні відмінності, не пов'язані з якістю відтворення атмосферних полів. Дефіцит тиску водяної пари є більш чутливим індикатором температурних відхилень порівняно з відносною вологістю повітря: коефіцієнт підсилення похибки становить 2,22 – 2,86 для типових літніх умов вегетаційного періоду Південного Степу України

і є чисто математичним наслідком нелінійності функції Тетенса. Систематичне зміщення температури повітря навіть у межах $\pm 0,5^\circ\text{C}$ через кумулятивний механізм призводить до фенологічно значущого відхилення суми ефективних температур ($75^\circ\text{C}\cdot\text{доба}$ за 150 діб), що необхідно враховувати при калібруванні агрономічних моделей за різними джерелами метеоданих.

Перспективи подальших досліджень включають розширення просторового та часового масштабу аналізу з урахуванням різних агрокліматичних зон і багаторічних періодів, а також інтегрування отриманих результатів у моделі росту сільськогосподарських культур.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ[^]

1. The ERA5 global reanalysis / Hersbach H. et al. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*. 2020. Vol. 146. P. 1999–2049. DOI: 10.1002/qj.3803.
2. ERA5-Land : a state-of-the-art global reanalysis dataset for land applications / Muñoz-Sabater J. et al. *Earth System Science Data*. 2021. Vol. 13. P. 4349–4383. DOI: 10.5194/essd-13-4349-2021.
3. Free Open-Source Weather API. *Open-Meteo* : веб-сайт. URL: <https://open-meteo.com> (дата звернення: 08.03.2026).
4. 12 years of NASA POWER : project evolution, improvements, and validation efforts / Stackhouse P. W. Jr. et al. NASA Technical Report, 2018. URL: <https://power.larc.nasa.gov> (дата звернення: 08.02.2026).
5. Мартинюк М. П. Оцінка впливу змін клімату на рослинництво в Україні : механізми адаптації для пом'якшення наслідків. *Scientific Horizons*. 2023. Т. 26, № 11. С. 145–154. DOI: 10.48077/scihor11.2023.145.
6. Alduchov O. A., Eskridge R. E. Improved Magnus form approximation of saturation vapor pressure. *Journal of Applied Meteorology*. 1996. Vol. 35. P. 601–609.
7. Crop evapotranspiration : guidelines for computing crop water requirements / Allen R. G., Pereira L. S., Raes D., Smith M. Rome : FAO, 1998. 300 p. (FAO Irrigation and Drainage Paper ; №. 56).
8. Hatfield J. L., Prueger J. H. Temperature extremes : effect on plant growth and development. *Weather and Climate Extremes*. 2015. Vol. 10. P. 4–10. DOI: 10.1016/j.wace.2015.08.001.
9. McMaster G. S., Wilhelm W. W. Growing degree-days : one equation, two interpretations. *Agricultural and Forest Meteorology*. 1997. Vol. 87. P. 291–300.
10. The Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications, version 2 (MERRA-2) / Gelaro R. et al. *Journal of Climate*. 2017. Vol. 30. P. 5419–5454. DOI: 10.1175/JCLI-D-16-0758.1.
11. The Climate Hazards Infrared Precipitation with Stations – a new environmental record for monitoring extremes / Funk C. et al. *Scientific Data*. 2015. Vol. 2. Art. 150066.
12. Yilmaz M. Accuracy assessment of temperature trends from ERA5 and ERA5-Land. *Science of the Total Environment*. 2023. Vol. 856. Art. 159182.
13. Evaluation of NASA POWER and ERA5-Land for estimating tropical precipitation and temperature extremes / Tan M. L. et al. *Journal of Hydrology*. 2023. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2023.129940.
14. Comparing the use of ERA5 reanalysis dataset and ground-based agrometeorological data under different climates and topography in Italy / Vanella D. et al. *Journal of Hydrology : Regional Studies*. 2022. Vol. 42. DOI: 10.1016/j.ejrh.2022.101182.
15. ДСТУ 3513:2021. Метеорологія. Терміни та визначення основних понять. [Чинний від 2021-11-01]. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2021.
16. Guide to Instruments and Methods of Observation (WMO-No. 8) / World Meteorological Organization. Geneva: WMO, 2021–2025. URL: <https://library.wmo.int/idurl/4/41650>.

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

UDC 632.1:633.15:633.8:579.64

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.3.5>

PREVALENCE AND HARMFULNESS OF ALTERNARIA LEAF SPOT AND DOWNY MILDEW OF SOYBEAN

Petrov S.P. – Graduate student of the B.M. Litvinov Department of Zoology, Entomology, Phytopathology, Integrated protection and Quarantine of Plants, State Biotechnological University
orcid.org/0009-0008-7440-1305

Horiainova V.V. – Candidate of Agricultural Sciences, Associate professor of the Department of Zoology, Entomology, Phytopathology, Integrated Plant Protection and Quarantine named after B.M. Lytvynov, State Biotechnological University
orcid.org/0000-0002-4883-0770

Stankevych S.V. – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Zoology, Entomology, Phytopathology, Integrated Plant Protection and Quarantine named after B.M. Lytvynov, State Biotechnological University
orcid.org/0000-0002-8300-2591

The article focuses on assessing the prevalence, intensity of development, and harmfulness of the major fungal diseases of soybean—*Alternaria* leaf spot (*Alternaria* spp.) and downy mildew (*Peronospora manshurica*)—in the Forest-Steppe of Ukraine. Phytosanitary monitoring conducted during the 2024–2025 growing seasons demonstrated that these pathogens are key determinants of the phytopathological condition of soybean agrocenoses. *Alternaria* leaf spot was characterized by the highest level of disease development (31.6%), while downy mildew reached 29.1%, indicating favorable environmental conditions for pathogen proliferation and a high risk of yield reduction.

Biometric and morphometric analyses revealed that pathogen infection leads to a statistically significant decrease in all principal structural components of soybean productivity. Diseased plants exhibited inhibited vegetative growth, reduced plant height, decreased pod number per plant, shortened pod length, fewer seeds per pod, and a lower 1000-seed weight. These changes reflect pronounced physiological dysfunctions caused by impaired photosynthetic activity, disrupted assimilate translocation, and suppressed generative organ development under phytopathogenic stress.

Field experiments confirmed the substantial economic impact of *Alternaria* leaf spot and downy mildew on soybean productivity. In untreated control plots, yield did not exceed 2.5 t/ha. Fungicide application significantly reduced disease severity and promoted yield formation. Revus Top showed the highest technical efficacy, reducing disease development by more than 80% and ensuring the maximum yield increase (up to 3.0 t/ha). Amistar Trio provided stable disease control and a significant yield response, whereas Superio demonstrated moderate protective effectiveness. A direct correlation between the level of disease suppression and yield improvement was established. The obtained results substantiate the necessity of implementing integrated disease management systems combining fungicidal protection with scientifically substantiated agronomic practices to ensure sustainable soybean production under increasing disease pressure and climate variability.

Key words: soybean, *Alternaria* leaf spot, downy mildew, phytosanitary status, pathogens, biometric parameters, fungicides, integrated disease management, yield.



© Petrov S.P., Horiainova V.V., Stankevych S.V., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Петров С.П., Горяінова В.В., Станкевич С.В. Поширеність і шкідливість альтернатіозу та пероноспорозу сої

Стаття присвячена оцінці поширеності, інтенсивності розвитку та шкідливості основних грибних хвороб сої – альтернатіозу (*Alternaria* spp.) та пероноспорозу (*Peronospora manshurica*) – у лісостеповій зоні України. Фітосанітарний моніторинг, проведений у період вегетації 2024–2025 рр., показав, що патогени є ключовими факторами, що визначають фітопатологічний стан агроценозів сої. Альтернатіоз листя характеризувався найвищим рівнем розвитку хвороби (31,6 %), тоді як пероноспороз досяг 29,1 %, що свідчить про сприятливі умови для розвитку збудників та високий ризик зниження врожайності. Біометричний аналіз засвідчив, що інфекція патогенів призводить до статистично значущого зменшення всіх основних структурних компонентів продуктивності сої. Уражені рослини відзначалися пригніченим вегетативним ростом, зменшеною висотою рослин, зниженням кількості бобів на рослині, скороченням довжини бобів, меншою кількістю насінин у бобах та зменшеною масою 1000 насінин. Ці зміни відображають виражені фізіологічні порушення, обумовлені зниженням фотосинтетичної активності, порушенням транспорту асимілятів та пригніченням розвитку генеративних органів під впливом патогенів. Польові дослідження підтвердили суттєвий економічний вплив альтернатіозу та пероноспорозу на продуктивність сої. У контрольних варіантах врожайність не перевищувала 2,5 т/га. Застосування фунгіцидів істотно зменшувало розвиток хвороб і сприяло підвищенню продуктивності та врожайності. Фунгіцид Ревус Топ продемонстрував найвищу технічну ефективність, пригнічуючи розвиток хвороб більш ніж на 80 % та забезпечуючи максимальне збільшення врожаю (до 3,0 т/га). Амістар Тріо забезпечив стабільний захисний ефект і значне підвищення врожайності, тоді як Суперіо проявив помірну ефективність. Було встановлено пряму кореляцію між рівнем пригнічення хвороб і приростом врожаю. Отримані результати підтверджують необхідність впровадження інтегрованих систем захисту рослин, що поєднують фунгіцидний захист із науково обґрунтованими агрономічними заходами, для забезпечення стійкого виробництва сої за умов зростаючого тиску патогенів і кліматичної мінливості.

Ключові слова: соя, альтернатіоз, пероноспороз, фітосанітарний стан, патогени, біометричні показники, фунгіциди, інтегрована система захисту, врожайність.

Statement of the problem. Soybean is one of the most important leguminous crops worldwide due to its high protein and oil content. However, soybean production is significantly constrained by fungal and oomycete diseases, among which *Alternaria* leaf spot and downy mildew are particularly widespread. These diseases negatively affect plant growth, reduce photosynthetic activity, and lead to considerable yield losses and deterioration of seed quality.

In recent years, changes in climatic conditions and agricultural practices have contributed to an increase in the prevalence and harmfulness of *Alternaria* leaf spot and downy mildew in soybean agroecosystems. Despite the economic importance of these diseases, comprehensive data on their distribution, intensity of development, and harmful effects under specific regional conditions remain insufficient. This lack of up-to-date information limits the effectiveness of disease management strategies and the development of integrated plant protection systems.

Therefore, there is a need for detailed research on the prevalence and harmfulness of *Alternaria* leaf spot and downy mildew of soybean to improve monitoring, forecasting, and control measures and to ensure stable soybean production.

Analysis of recent researches and publications. Over the past decade, extensive research in Ukraine and globally has focused on the biology, pathology, and protection of soybean (*Glycine max* L.) crops. Ukrainian studies emphasize the prevalence and management of fungal diseases, as well as the implementation of integrated pest and disease management strategies.

Kyryk et al. [1, p. 96-98] and Pasichnyk et al. [2, p. 10-16] provided detailed analyses of soybean diseases, highlighting methods for diagnosis, peculiarities of disease

development, and protective measures in local agronomic conditions. Vdovychenko and Bilyk [3, p. 17-20] and Kharchenko [4, p. 82-88] focused on soybean morphology, physiology, and its role in agricultural systems, emphasizing the importance of plant health for yield optimization. Kovalchuk [5, p. 42-46] and Trybel [6, p. 110-112] offered practical and theoretical frameworks for agronomic management and testing of protective measures, providing guidance for field applications.

Research by Nevmerzhytska [7, p. 90-94] demonstrated the effectiveness of soil herbicides in controlling weeds and indirectly mitigating disease incidence, while modern integrated management approaches in the United States [8, p. 17] highlight strategies for adapting soybean disease control to changing climatic conditions.

Recent studies Sergiienko [9, p. 18-23; 10, p. 9-11] examined the effect of fungicides on disease development and yield, confirming the importance of chemical protection alongside agronomic practices

Monitoring studies [11, p. 88-92; 12, p. 256-261; 13, p. 9-11]; revealed that diseases such as *Alternaria* leaf spot, downy mildew, and *Fusarium* root rot remain highly prevalent in Ukrainian soybean crops, particularly in the Forest-Steppe regions.

Despite substantial progress, gaps remain in understanding the combined effects of environmental stressors, modern pesticides, and biological control methods on disease development.

In conclusion, recent research in Ukraine reflects a growing emphasis on integrated disease management, the use of adaptive cultivars, and optimization of agronomic practices. However, there is a clear need for further studies on the combined effects of chemical, biological, and cultural controls in diverse agroecological zones, as well as on the economic implications of disease management strategies.

Objective. The primary objective of this study is to comprehensively assess the prevalence, pathogenicity, and economic impact of *Alternaria* leaf spot and downy mildew in soybean (*Glycine max* L.) crops. This includes identifying the main causal agents, evaluating the conditions favoring disease development, and analyzing both chemical and biological methods of disease control. The ultimate aim is to provide scientifically grounded recommendations for the implementation of integrated protection strategies that enhance soybean productivity.

Materials and methods. The study was conducted in experimental fields in the Forest-Steppe of Ukraine using commonly cultivated soybean (*Glycine max* L.) varieties [2, p. 18-22; 6, p. 24-28; 7, p. 90-94]. Field surveys were carried out during the 2024–2025 growing seasons to assess the prevalence and severity of *Alternaria* leaf spot and downy mildew, using standard phytopathological methods [14, p. 126-128; 16, p. 320-326]. Infected plant samples, including leaves, stems, and seeds, were collected and examined in the laboratory for pathogen identification based on morphological characteristics and mycological techniques [14, p. 130-132; 16, p. 328-3232]. Field experiments evaluated chemical fungicides, biological control agents, and cultural practices such as sowing dates, crop rotation, and plant density to reduce disease incidence [17, p. 156-160; 18, p. 202-208]. Treatments were arranged in randomized complete block designs with three replications, and standard agronomic practices were applied [5, p. 14-16; 19, p. 212-218]. Disease assessments were performed at key growth stages, and yield parameters, including pod number, 1000-seed weight, and total grain yield, were recorded. Data were statistically analyzed using correlations between disease severity and yield loss were determined to assess the economic impact of infections [20, p. 16-20].

Summary of the main research material. The analysis of diseases development indicators indicates that the leading pathogens affecting the phytosanitary condition of

soybean crops are *Alternaria* leaf spot and downy mildew. *Alternaria* leaf spot exhibited the highest level of development at 31.6%, highlighting its dominant role among foliar infections. Downy mildew ranked second with a development level of 29.1%, confirming its significant impact on the overall plant infection rate (Fig. 1).

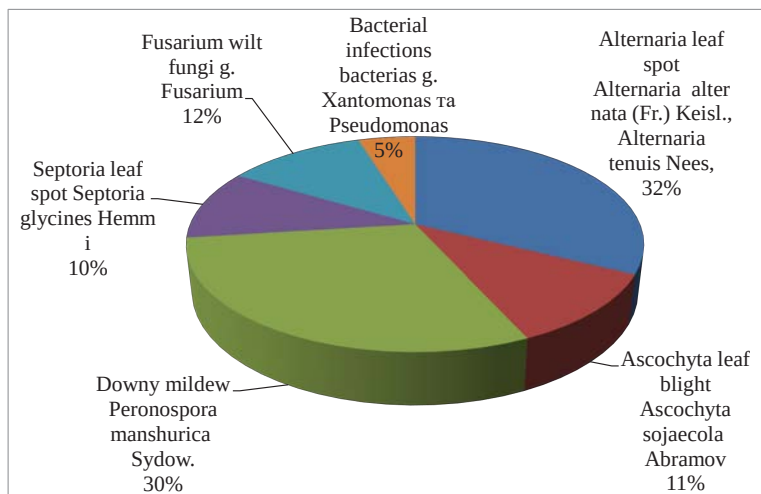


Figure 1. Monitoring of major soybean diseases

Fusarium wilt and *Ascochyta* infections were less intensive (11.4% and 10.6%, respectively), but their presence can adversely affect the physiological condition of plants, especially under stressful environmental conditions. *Septoria* infection showed a similar prevalence level of 10.3%, indicating the stable presence of this pathogen within the agroecosystem.

Bacterial infections (*Xanthomonas*, *Pseudomonas*) accounted for the smallest share in the disease structure at only 4.7%, suggesting their episodic occurrence. Thus, the phytosanitary condition of soybean crops is primarily determined by fungal diseases, with downy mildew and *Alternaria* leaf spot posing the greatest threat. This underscores the need for appropriate preventive and protective measures to limit their spread and harmful effects.

Assessment of the phytosanitary condition of soybean plants and analysis of biometric parameters of healthy and infected specimens indicate a significant negative impact of two primary pathogens – downy mildew (*Peronospora manshurica*) and *Alternaria* leaf spot (*Alternaria* spp.). Experimental data reveal a pronounced reduction in all structural components of yield, reflecting the complex physiological and morphological detrimental effects characteristic of these diseases (Table 1).

Table 1

Influence of diseases on the structural elements of soybean productivity

Parameter	Healthy	Infected	Deviation (±)
Plant height, cm	170	150	–20
Average number of pods per plant, pcs	305	260	–45
Average pod length, cm	12,0	9,0	–3,0
Average number of seeds per pod, pcs	30	22	–8
1000-seed weight, g	4,3	3,1	–1,2

Biometric analysis shows that infected plants significantly underperform compared to healthy plants across nearly all parameters. A reduction in plant height by 20 cm indicates substantial suppression of vegetative growth, associated with impaired photosynthetic activity and overall depletion of the plant organism under pathogen pressure. The most pronounced changes are observed in the formation of generative organs: the number of pods per infected plant decreased by 45 pcs, which critically reduces productivity. Such marked declines in reproductive potential are caused both by direct damage to leaf surfaces and by disruptions in assimilate transport and trophic processes.

Deterioration of yield quality is confirmed by a reduction in average pod length by 3 cm and a decrease in the number of seeds per pod by 8. These indicators reflect insufficient pollination, incomplete ovule development, and underdeveloped seeds due to prolonged pathogen exposure. The decrease in 1000-seed weight by 1.2 g indicates impaired seed filling and formation of underdeveloped, lightweight seeds, negatively affecting sowing quality and the potential of subsequent generations.

The harmful effects of downy mildew are associated with rapid infection of the leaf surface, impaired gas exchange, and substantial loss of photosynthetic capacity. Typical formation of chlorotic spots and sporulation on the abaxial leaf surface leads to premature leaf senescence and abscission. This disrupts the balance of growth processes and reduces overall biological productivity.

Alternaria leaf spot, exhibiting necrotic lesions, results in dark, deep spots that destroy leaf and stem tissues. Necrosis accelerates the loss of functional leaf area and creates conditions for secondary infections. This pathogen exerts chronic stress on the plant, manifested in growth inhibition, reduced reproductive activity, and decreased seed quality.

Thus, downy mildew and alternaria leaf spot are critical factors reducing soybean productivity, affecting all stages of ontogeny – from disruption of photosynthesis and growth processes to degeneration of generative structures and deterioration of seed quality. The development of these pathogens can lead to significant economic losses, emphasizing the necessity of implementing integrated disease management systems aimed at early detection, prevention, and limiting disease spread.

Analysis of the phytosanitary condition of soybean crops indicates a growing need to improve crop protection systems against disease pathogens. Achieving high efficiency of phytosanitary measures requires a scientifically substantiated selection of fungicidal products and a rational combination of organizational, economic, and agronomic practices. Such an integrated approach ensures the most complete realization of the yield potential of soybean varieties and hybrids.

Under field conditions, a significant development of Alternaria leaf spot (31.6%) and downy mildew (29.1%) was observed in the untreated control, indicating favorable conditions for the development of these diseases and their potentially negative impact on soybean yield.

Among the tested fungicides, Revus Top demonstrated the highest efficacy, reducing alternaria leaf spot incidence to 5.6% and downy mildew to 3.9%, which corresponded to high levels of technical efficiency (82.3% and 86.6%, respectively). Amistar Trio provided substantial suppression of disease development (Alternaria leaf spot – 8.5%, downy mildew – 7.8%) with a technical efficiency of approximately 73%, resulting in increased crop productivity compared to the control. Superio exhibited moderate efficacy, limiting disease development to 10.2% for Alternaria leaf spot and 8.5% for downy mildew.

In the untreated control, soybean yield was 2.5 t/ha for both diseases, reflecting the negative impact of Alternaria leaf spot and downy mildew on crop productivity.

Fungicide application had a positive effect on yield formation. Revus Top ensured the highest yield increase, reaching 3.0 t/ha under alternaria leaf spot pressure and 2.8 t/ha under downy mildew infection, which correlates with the highest level of disease suppression. Amistar Trio increased yield to 2.9 t/ha and 2.6 t/ha under Alternaria leaf spot and downy mildew, respectively, demonstrating stable protective action and a positive effect on productivity.

Superio provided a moderate yield increase to 2.85 t/ha under alternaria leaf spot and 2.7 t/ha under downy mildew, reflecting partial disease control.

Thus, the application of systemic and combined fungicides not only effectively suppresses disease development but also significantly enhances soybean yield, particularly under conditions of high risk of Alternaria leaf spot and downy mildew infection.

Conclusions. Phytosanitary monitoring confirmed that Alternaria leaf spot and downy mildew are the dominant soybean diseases, with development levels of 31.6% and 29.1%, respectively. Infection by these pathogens caused a significant reduction in biometric and yield components, leading to yield limitation to 2.5 t ha⁻¹ in untreated control plots.

Fungicide application significantly suppressed disease development and improved productivity. Revus Top showed the highest technical efficiency (>80%), ensuring the maximum yield increase up to 3.0 t/ha, while Amistar Trio and Superio provided stable to moderate control. A direct relationship between disease suppression and yield formation was established.

The results confirm the necessity of integrated disease management to reduce the harmfulness of Alternaria leaf spot and downy mildew and to ensure stable soybean production under increasing phytopathological pressure.

REFERENCES:

11. Хвороби сої: діагностика, особливості розвитку та заходи захисту / М. Кирик, М. Піковський, Ю. Тарануха та ін. *Пропозиція*. 2014. № 1. С. 96–98.
2. Хвороби сої: моніторинг, діагностика, захист: [монографія] / В. Ф. Петриченко, В. П. Патика, Л. А. Пасічник, Н. В. Житкевич, та ін.; за ред. акад. НААН В. Ф. Петриченка, В. П. Патики. Вінниця: «Віндрук», 2016. 106 с.
3. Вдовиченко В. І., Білик О. П. Соя: Морфологія, фізіологія та агротехніка. Київ: Урожай, 2015. 185 с.
4. Харченко О. М. Біологія сої: Роль у сільському господарстві. Харків: Основа, 2017. 234 с.
5. Забродоцька Л. Ю. Основи агрономії: навчальний посібник / Л. Ю. Забродоцька. Луцьк: ЛНТУ, 2021. 280 с.
6. Методики випробування і застосування пестицидів / Трибель С. О. та ін.; за ред. С. О. Трибеля. Київ: Світ, 2011. 448 с.
7. Невмержицька О. М., Плотноцька Н. М., Гурманчук О. В., Сколуб С. М. Ефективність застосування ґрунтових гербіцидів у посівах сої. *Таврійський науковий вісник*. № 109. Ч. 1. 2019. С. 90–94.
8. Mitchell G Roth, Richard W Webster, Daren S Mueller, Martin I Chilvers, Travis R Faske, Febina M Mathew, Carl A Bradley, John P Damicone, Mehdi Kabbage, Damon L Smith, Integrated Management of Important Soybean Pathogens of the United States in Changing Climate, *Journal of Integrated Pest Management*, Volume 11, Issue 1, 2020, 17, <https://doi.org/10.1093/jipm/pmaa013>
9. Sergiienko, V., Shyta, O., & Khudolii, A. (2021). The effect of fungicides on the development of diseases and soybean yield in the Forest steppe of Ukraine. *Quarantine and Plant Protection*, (3), 18–23. <https://doi.org/10.36495/2312-0614.2021.3.18-23>
10. Сергієнко В. Г., Миколаєвський В. П. Моніторинг хвороб сої в Лісостепу України. *Карантин і захист рослин*. 2014. №10. С. 9-11.

11. Сидоренко Т. Найпоширеніші шкідники й хвороби сої та рекомендації щодо захисту посівів. *Пропозиція*. 2010. № 6. С. 88–92.
12. Іванюк С. В., Шкатула Ю. М. Фітопатологічна оцінка сортотразків сої в умовах правобережного Лісостепу України. *Селекція і насінництво*. 2013. Вип. 103. С. 256–261.
13. Сергієнко В. Г., Миколаєвський В. П. Моніторинг хвороб сої в Лісостепу України. *Карантин і захист рослин*. 2014. № 10–11. С. 9–11.
14. Кулешов А. В., Білик М. О. Прогноз розвитку хвороб сільськогосподарських культур: навч. посібник. Харків: ХНАУ. 2014 р. 209 с.
15. Станкевич С.В., Положенець В.М., Немерицька Л.В., Журавська І.А. Моніторинг хвороб сільськогосподарських культур: навч. посіб. Житомир: Видавництво «Рута», 2022. 303 с.
16. Горяїнова В.В., Станкевич С.В., Батова О.М., Жукова Л.В. Загальна фітопатологія: навч. посібник. Житомир: ПП «Рута», 2023. 378 с.
17. Станкевич С.В., Балан Г.О. Технічні засоби застосування пестицидів: навч. посіб. Житомир: ПП Рута, 2023. 188 с.
18. Туренко В. П., Станкевич С. В., Забродіна І. В., Горяїнова В. В. Жукова Л. В. Кабанець В. В. Олейніков Є. С. Кошеляєва Я. В. Комплексні системи захисту сільськогосподарських культур від хвороб : навч. посібник. вид. 3-тє, перероб. й допов. Харків: Біотехкнига, 2025. 406 с. <https://biotekhnyha.com.ua/kompleksni-systemy-zahystu-silskogospodarskyh-kultur-vid-hvorob>
19. Туренко В.П., Білик М.О., Станкевич С.В., Забродіна І.В. Сучасні пестициди і технічні засоби їх застосування: навч. посіб. Житомир: Видавництво «Рута», 2023. 564 с.
20. Основи наукових досліджень в агрономії : підручник / В.О. Єщенко, П.Г. Копитко, П.В. Костоґриз; В.П. Опришко. За ред. В.О. Єщенка. Вінниця : ПП «ТД «Едельвейс і К», 2014. 332 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 633.11:581.144:58.056:58.084.1

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.3.6>

СКРИНІНГ СОРТІВ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ НА СТІЙКІСТЬ ДО АБІОТИЧНИХ СТРЕСОРІВ НА РАННІХ ЕТАПАХ РОЗВИТКУ

Пикало С.В. – к.б.н., старший дослідник,
провідний науковий співробітник відділу біотехнології, генетики і фізіології,
Миронівський інститут пшениці імені В. М. Ремесла
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-3158-3830

Юрченко Т.В. – к.с.-г.н., старший дослідник,
завідувачка відділу біотехнології, генетики і фізіології,
Миронівський інститут пшениці імені В. М. Ремесла
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0003-0164-4003

Пірич А.В. – к.с.-г.н.,
с.н.с. відділу біотехнології, генетики і фізіології,
Миронівський інститут пшениці імені В. М. Ремесла
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0003-2312-9774

Харченко М.В. – к.с.-г.н.,
науковий співробітник відділу біотехнології, генетики і фізіології,
Миронівський інститут пшениці імені В. М. Ремесла
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-4005-2134

Кліматичні зміни, що спостерігаються протягом останніх десятиліть, суттєво впливають на умови вирощування пшениці, зумовлюючи зростання частоти та інтенсивності посух, температурних екстремумів і нерівномірності розподілу опадів. У представленій роботі вивчено сучасні сорти пшениці м'якої озимої різного еколого-географічного походження за посухо-, солестійкістю на початкових етапах органогенезу та досліджено кореляційні зв'язки між показниками стійкості до водного дефіциту та засолення. Дослідження проведено на 20 сортах пшениці м'якої озимої вітчизняної та іноземної селекції. Посухо- та солестійкість оцінювали за попередньо розробленими методиками із застосуванням штучних поживних середовищ на основі 0,67 М розчину сахарози та 0,15 М розчину хлориду натрію. Виділено три групи сортів, які відрізнялись здатністю до росту на субстратах із стресовими агентами та зберігали стабільні морфометричні показники: посухостійкі – МІП Довіра, МІП Дарунок, Turkoaz, Pavlina, T-51; солестійкі – МІП Паляниця миронівська, Зорепад білоцерківський, Афіна, МІП Ауріка; з комплексною стійкістю – Pavlina і Turkoaz. За результатами дисперсійного аналізу визначено, що провідну роль у формуванні морфометричних показників проростків пшениці м'якої озимої відіграє фактор середовища, зокрема умови з використанням селективних агентів – сахарози та хлориду натрію. Кореляційний аналіз показав прямий взаємозв'язок між морфометричними показниками проростків за дії обох стресів, проте різної сили: довжина кореня – сильний ($r = 0,89$); довжина стебла – сильний ($r = 0,73$); співвідношення довжина кореня / довжина стебла – значний ($r = 0,61$); маса кореня – значний ($r = 0,55$); маса стебла – значний ($r = 0,61$); співвідношення маса кореня / маса стебла – помірний ($r = 0,35$). Експериментально підтверджено, що на ранніх етапах розвитку посухо- та солестійкість у пшениці м'якої озимої має спільну фізіолого-морфологічну основу, а коренева система є головним



© Пикало С.В., Юрченко Т.В., Пірич А.В., Харченко М.В., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

критерієм толерантності як до осмотичного, так і до сольового стресів. Виділені сорти рекомендовано використовувати у селекційних програмах для підвищення стійкості пшениці м'якої озимої до абіотичних стресорів. Розроблена система оцінювання сортів може бути використана не лише для пшениці, а й для інших зернових колосових культур (тритикале, жито, ячмінь), що розширює масштаби її практичного застосування.

Ключові слова: *Triticum aestivum* L., посуха, засолення, толерантність, проростки, оцінювання.

Pykalo S.V., Yurchenko T.V., Pirykh A.V., Kharchenko M.V. Screening of winter bread wheat cultivars for resistance to abiotic stressors at the early stages of plant development

Climate change observed over recent decades has significantly affected wheat growing conditions, leading to an increase in the frequency and intensity of droughts, temperature extremes, and uneven precipitation distribution. The present study examined modern winter bread wheat cultivars of different ecological and geographical origins for drought and salt tolerance at early stages of organogenesis and analyzed the correlation relationships between indicators of tolerance to water deficit and salinity. The research was conducted on 20 winter bread wheat cultivars of domestic and foreign breeding. Drought and salt tolerance were evaluated using previously developed methodologies with the application of artificial nutrient media based on a 0.67 M sucrose solution and a 0.15 M sodium chloride solution. Three groups of cultivars were identified according to their growth ability on substrates containing stress agents and the maintenance of stable morphometric parameters: drought-tolerant cultivars (MIP Dovira, MIP Darunok, Turkoaz, Pavlina, T-51); salt-tolerant cultivars (MIP Palianytsia Myronivska, Zorepad Bilotserkivskiy, Afina, MIP Aurika); and cultivars with combined tolerance (Pavlina and Turkoaz). According to the results of analysis of variance, the environmental factor played a leading role in the formation of morphometric traits of winter bread wheat seedlings, particularly under conditions involving selective agents such as sucrose and sodium chloride. Correlation analysis revealed a positive relationship between seedling morphometric parameters under both stresses, with different strengths: root length–strong ($r = 0.89$); shoot length – strong ($r = 0.73$); root-to-shoot length ratio – significant ($r = 0.61$); root weight – significant ($r = 0.55$); shoot weight – significant ($r = 0.61$); and root-to-shoot weight ratio – moderate ($r = 0.35$). It was experimentally confirmed that at early stages of development, drought and salt tolerance in winter bread wheat share a common physiological and morphological basis, with the root system being the main criterion of tolerance to both osmotic and salt stresses. The identified cultivars are recommended for use in breeding programs aimed at improving winter bread wheat resistance to abiotic stressors. The developed system for evaluating varieties can be used not only for wheat but also for other cereal crops (triticale, rye, barley), which expands the scope of its practical application.

Key words: *Triticum aestivum* L., drought, salinity, tolerance, seedlings, evaluation.

Постановка проблеми. Пшениця м'яка озима (*Triticum aestivum* L.) є однією з провідних продовольчих культур у світі [1, 2]. В Україні її посівна площа до війни становила 6–7 млн. га, а в 2025 році вона займала понад 5 млн. га [3]. Кліматичні зміни, зафіксовані впродовж останніх десятиліть, істотно трансформують умови вирощування цієї культури, спричиняючи підвищення частоти й інтенсивності посушливих явищ, температурних екстремумів та нерівномірного випадання опадів [4, 5]. Такі зміни негативно позначаються на продуктивності рослин, призводять до зниження врожайності, нестабільності валових зборів та погіршення якості зерна, що створює додаткові ризики для продовольчої безпеки [6]. У зв'язку з цим зростає актуальність досліджень, спрямованих на виявлення та використання генотипів пшениці озимої з підвищеним рівнем адаптивності та стійкості до абіотичних стресових чинників.

Актуальність дослідження. Одним із ключових абіотичних чинників, що лімітують ріст і продуктивність рослин, є дефіцит вологи, який значною мірою зумовлює зниження врожайності сільськогосподарських культур [7]. За умов зростання частоти посушливих періодів особливої актуальності набуває створення сортів зернових культур, здатних ефективно реалізовувати продуктивний

потенціал за недостатнього водозабезпечення. Створення посухостійких сортів пшениці з поєднанням високої продуктивності та цінних господарських ознак розглядається як один із стратегічних напрямів стабілізації виробництва екологічно безпечного продовольчого зерна в Україні [8].

Не менш значним чинником деградації агроєкосистем є засолення ґрунтів, пов'язане з накопиченням у кореневмісному шарі підвищених концентрацій розчинних солей натрію [9]. Засолення негативно впливає на водний і мінеральний обмін рослин, що призводить до істотного зниження врожайності більшості культур, у тому числі пшениці. Особливу загрозу цей процес становить для іригаційного землеробства в регіонах з недостатнім зволоженням, де використання зрошення може прискорювати вторинне засолення ґрунтів [10]. Негативний вплив засолення має комплексний характер і зумовлена як порушенням осмотичного балансу клітин, так і прямим токсичним впливом на фізіологічні та біохімічні процеси в клітині [9]. Часто рослини піддаються дії одночасно кількох стресорів, при цьому їх негативний вплив значно посилюється [11]. У зв'язку з цим селекція пшениці на підвищену посухо- та солестійкість є необхідною умовою розширення адаптивного потенціалу культури, підвищення її екологічної пластичності та забезпечення стабільної продуктивності за нестійкого клімату.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Одним із поширених підходів до оцінки посухо- та солестійкості сільськогосподарських культур, зокрема пшениці, є аналіз проростання насіння в умовах штучно зниженого водного потенціалу середовища [12]. Варто підкреслити, що оцінювання реакції насіння та проростків пшениці на осмотичний і сольовий стреси на ранніх етапах онтогенезу є інформативним підходом для характеристики адаптивного потенціалу сортів. Як стресові агенти найчастіше використовують поліетиленгліколь, сахарозу та маніт для оцінки посухостійкості, а хлорид і сульфат натрію – для оцінки солестійкості. Н. І. Прокопів та ін. [13] для створення осмотичного стресу використовували сахарозу, маніт та сорбіт різних молярних концентрацій, що відповідали 16 і 18 атм осмотичного тиску. Встановлено, що поряд із дисахаридом сахарозою шестиатомні аліфатичні спирти маніт і сорбіт виявили ідентичну спроможність до створення водного дефіциту. І. В. Гаврилюк та Г. М. Ковалишина [14] досліджували вплив стресу від посухи, індукованого манітом, на проростання насіння різних сортів пшениці м'якої озимої. Автори дійшли висновку, що доцільно проводити відбір сортів на 10-й день спостережень, коли варіація між варіантами спостережень є найменшою.

Моделюючи умови посухи та засолення, М. Jovovic et al. [15] встановили, що підвищення осмотичного та сольового стресів, спричинених манітом та хлоридом натрію, супроводжувалося суттєвим зниженням показників проростання насіння у всіх досліджених сортів. За більш інтенсивного стресу спостерігалось різке пригнічення або повне припинення проростання, що свідчило про високу чутливість проростків до дефіциту вологи та засолення. Автори зазначають, що виявлені міжсортіві відмінності підтверджують наявність різних механізмів адаптації до абіотичних стресів і обґрунтовують перспективність подальших досліджень для з'ясування їхньої природи та практичного використання в селекції.

У іншому дослідженні [16] встановлено достовірну позитивну кореляцію між сухою масою проростків пшениці і швидкістю проростання, індексом енергії проростання насіння, довжиною пагонів і коренів за умов сольового стресу, що підтверджує доцільність використання цих показників як селекційних критеріїв для скринінгу генотипів пшениці за солестійкістю.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Попри те, що селекція на стійкість до абіотичних стресів сформувалася як окремий науковий напрям із широким спектром методичних підходів, низка теоретичних і прикладних аспектів, пов'язаних із механізмами адаптації рослин, залишається недостатньо вивченою. Сучасні дослідження у цьому напрямі ґрунтуються на аналізі морфологічних, анатомічних і фізіолого-біохімічних показників, які визначають рівень стійкості рослин до дії стресових факторів [9, 17]. При цьому ефективність селекційної роботи значною мірою залежить від адекватності методів оцінювання стресостійкості генотипів. Використання осмотичних і солевих моделей із застосуванням сахарози та хлориду натрію дає змогу комплексно оцінити толерантність сортів пшениці на ранніх етапах органогенезу, що би забезпечило швидке і достовірне виявлення генотипів із підвищеною адаптивною здатністю. Дослідження, спрямовані на розв'язання даної проблеми, є актуальними і значущими, оскільки вони орієнтовані на розвиток розуміння реакцій рослин на стрес та широке впровадження нових методів для вирішення прикладних завдань селекції пшениці.

Постановка завдання – формулювання цілей дослідження. Мета роботи – вивчити сучасні сорти пшениці м'якої озимої вітчизняної та іноземної селекції за посухо- та солестійкістю на початкових етапах органогенезу. Структура досліджень передбачала наступні завдання:

- вивчити сучасні сорти пшениці м'якої озимої за посухо- та солестійкістю на початкових етапах органогенезу з використанням попередньо розроблених лабораторних методів оцінювання;
- виділити джерела стійкості пшениці м'якої озимої до абіотичних стресових чинників для ефективного ведення селекційного процесу;
- виявити кореляційні зв'язки між показниками стійкості до водного дефіциту та засолення.

Виклад основного матеріалу дослідження. Матеріалом досліджень були сорти пшениці м'якої озимої вітчизняної та зарубіжної селекції, серед яких нові сорти селекції Миронівського інституту пшениці імені В. М. Ремесла НААН України (МІП) – МІП Дарунок, МІП Стефанія, МІП Паляниці миронівська, МІП Ауріка, МІП Довіра, спільної селекції Інституту фізіології рослин і генетики НАН України та МІП – Подільська, та колекційні зразки пшениці м'якої озимої різних країн походження – Зорепад білоцерківський, Альбатрос одеський, Поліська 90 (Україна), Анія (Казахстан), Афіна (Киргизстан), Turkoaz (Болгарія), MV Lerenu (Угорщина), Bodysek (Франція), Manella (Нідерланди), Pavlina (Словаччина), Fotima (Туреччина), Лан Тянь W57-6, T-51, G95-2-1-2 (Китай).

Дослідження виконували у відділі біотехнології, генетики і фізіології МІП впродовж 2025 р. згідно попередньо розроблених методик, які захищені патентами на корисну модель [18, 19]. При оцінюванні посухо-, солестійкості досліди проводили у двох варіантах: (контрольний – дистильована вода, дослідний – розчин сахарози 0,67 М або хлориду натрію (NaCl) 0,15 М) та трьох повтореннях (по 15 насінин в кожному). Оцінювання посухостійкості проводили шляхом пророщування насіння протягом 10 діб на дистильованій воді до фази формування розгорнутого листка за температури повітря +18...+21 °С. Після цього проростки додатково відрощували впродовж 7 діб на розчині сахарози концентрацією 0,67 М. Оцінювання солестійкості здійснювали за аналогічних температурних умов (+18...+21 °С). Насіння пророщували протягом 17 діб на дистильованій воді до фази формування 2–3 листків, після чого проростки відрощували ще 7 діб у розчині NaCl концентрацією 0,15 М. Оцінювали довжину стебла й кореня, їх співвідношення, а також вагу стеблової і кореневої маси 10 рослин. Чим менша різниця між показниками контрольного та дослідного варіантів, тим вища стійкість рослини.

Статистичну обробку отриманих даних проводили за методами описової і варіаційної статистики, а також дисперсійного (ANOVA) та кореляційного аналізів з використанням програм Statistica 10 і Excel 2013. Відмінності між порівнюваними показниками вважали статистично достовірними при рівні значущості $p < 0,05$. Для інтерпретації коефіцієнта кореляції Пірсона (r) використали шкалу Чеддока [20]: $0 < r < 0,09$ – зв'язок відсутній, $0,10 < r < 0,29$ – слабкий, $0,30 < r < 0,49$ – помірний, $0,50 < r < 0,69$ – значний, $0,7 < r < 0,89$ – сильний, $0,90 < r < 0,99$ – дуже сильний, $r = 1,00$ – зв'язок функціональний.

Скринінг сортів пшениці м'якої озимої на стійкість до посухи. Морфометричні характеристики проростків пшениці свідчать про значний вплив водного стресу на ранні фази розвитку рослин. Отримані дані показали неоднакову чутливість сортів до осмотичного навантаження, що зумовлено їхніми генетично обумовленими особливостями. У контрольному варіанті середня довжина стебла становила 22,6 см, а кореня – 27,1 см. Водночас у варіанті із застосуванням сахарози обидва показники суттєво зменшилися – до 14,2 см і 13,9 см відповідно (табл. 1).

Таблиця 1

Морфометричні показники проростків сортів пшениці м'якої озимої в контролі та на субстратах з сахарозою 0,67 М

Сорт	Контроль						Сахароза 0,67 М					
	ДС, см	ДК, см	ДК/ ДС	МС, г	МК, г	МК/ МС	ДС, см	ДК, см	ДК/ ДС	МС, г	МК, г	МК/ МС
Подільська	23,8	26,3	1,1	1,2	1,0	0,8	18,2	14,0	0,8	0,9	0,7	0,8
МПП Дарунок	26,2	23,9	0,9	1,5	1,0	0,7	17,0	13,9	0,8	1,0	0,8	0,8
МПП Стефанія	24,0	24,0	1,0	1,5	1,2	0,8	16,3	12,8	0,8	1,0	1,1	1,0
МПП Паляниця миронівська	17,4	26,0	1,5	1,3	1,2	0,9	13,4	15,2	1,1	0,8	1,0	1,3
МПП Ауріка	17,2	27,4	1,6	1,3	1,1	0,8	16,1	16,4	1,0	1,0	0,7	0,7
МПП Довіра	26,0	24,0	0,9	1,7	1,0	0,6	20,0	14,9	0,7	1,2	0,7	0,6
Зорепад білоцерківський	25,2	24,3	1,0	1,6	1,0	0,6	17,6	15,1	0,9	1,1	0,8	0,7
Альбатрос одеський	17,9	33,4	1,9	1,4	1,1	0,8	12,4	16,1	1,3	0,7	0,8	1,1
Поліська 90	24,6	34,3	1,4	1,5	1,1	0,8	11,2	13,9	1,2	0,8	0,5	0,6
Анія	24,0	26,7	1,1	1,5	0,9	0,6	17,4	15,0	0,9	1,0	0,7	0,7
Афіна	22,5	26,7	1,2	1,1	0,8	0,7	16,7	14,4	0,9	1,0	0,7	0,7
Turkoaz	25,0	23,5	0,9	1,4	1,0	0,7	19,5	13,3	0,7	1,1	0,9	0,8
MV Lepeny	22,8	31,0	1,4	1,2	0,7	0,6	10,4	13,0	1,2	0,6	0,5	0,8
Bodycek	22,2	27,9	1,3	1,2	0,6	0,5	9,8	10,9	1,1	0,6	0,5	0,8
Manella	22,1	25,2	1,1	1,3	0,9	0,7	11,7	14,0	1,2	0,6	0,8	1,2
Pavlina	24,2	23,0	1,0	1,5	1,0	0,7	12,0	14,5	1,2	0,7	0,9	1,2
Fotima	25,2	27,8	1,1	1,4	1,0	0,7	12,0	11,8	1,0	0,6	0,6	0,9
Лан Тянь W 57-6	20,9	30,6	1,5	1,1	0,6	0,6	10,2	12,6	1,2	0,5	0,5	1,0
T-51	21,4	31,2	1,5	1,1	1,1	0,9	10,6	14,9	1,4	0,7	1,0	1,4
G95-2-1-2	19,9	25,6	1,3	1,1	0,6	0,6	11,1	12,5	1,1	0,7	0,5	0,8
Середнє	22,6	27,1	1,2	1,3	0,9	0,7	14,2	13,9	1,0	0,8	0,7	0,9
MAX	26,2	34,3	1,9	1,7	1,2	0,9	20,0	16,4	1,4	1,2	1,1	1,4
MIN	17,2	23,0	0,9	1,1	0,6	0,5	9,8	10,9	0,7	0,5	0,5	0,6
R	9,0	11,3	1,0	0,6	0,6	0,4	10,2	5,5	0,7	0,7	0,6	0,8
HIP ₀₅	2,3	2,9	-	-	-	-	2,3	2,9	-	-	-	-

Примітка: ДС – довжина стебла, ДК – довжина кореня, МС – маса 10 стебел, МК – маса 10 коренів, MAX – максимум, MIN – мінімум, R – розмах варіювання, HIP – найменша істотна різниця.

У контрольних умовах найбільшу довжину стебла формували сорти МПП Дарунок (26,2 см), МПП Довіра (26,0 см) і Зорепад білоцерківський (25,2 см). Після дії сахарози найменше зниження цього показника зафіксовано у сортів МПП Довіра (20,0 см), Turkoaz (19,5 см) та Подолянка (18,2 см), що може свідчити про їхню відносно вищу стійкість до осмотичного стресу. Водночас істотне пригнічення росту стебла спостерігалось у сортів MV Lepeny (з 22,8 до 10,4 см), Bodycek (з 22,2 до 9,8 см), Fotima (з 25,2 до 12,0 см) і Лан Тянь W 57-6 (з 20,9 до 10,2 см), що вказує на підвищену чутливість цих генотипів до зниження водного потенціалу середовища.

Аналогічна закономірність простежувалася і щодо довжини кореня. У контролі найвищі значення цього показника мали сорти Поліська 90 (34,3 см), Альбатрос одеський (33,4 см) і Т-51 (31,2 см). Під впливом сахарози довжина кореня в середньому зменшилася на 49 %, проте окремі сорти (МПП Паляниця миронівська, МПП Ауріка, Т-51, Pavlina) зберігали відносно більші значення порівняно з іншими.

Співвідношення довжини кореня до стебла є важливим індикатором морфофізіологічної адаптації проростків. У контрольному варіанті його середнє значення становило 1,2, тоді як за дії сахарози воно зменшилося до 1,0. Це свідчить про сильніше пригнічення росту надземної частини порівняно з підземною. Така реакція є типовою для рослин за умов водного дефіциту, коли підтримання росту кореневої системи забезпечує поглинання вологи навіть за рахунок обмеження розвитку пагонів. Найвищі значення співвідношення у контролі відзначено у сортів Альбатрос одеський (1,9), МПП Ауріка (1,6) та Лан Тянь W 57-6 (1,5), тоді як найнижчі – у МПП Дарунок (0,9), МПП Довіра (0,9) і Turkoaz (0,9). Після дії сахарози цей показник у більшості сортів зменшувався або наближався до 1.

Середня маса стебла десяти рослин у контролі становила 1,3 г, а кореня – 0,9 г. Під впливом сахарози ці значення знизилися відповідно до 0,8 г і 0,7 г. Найбільше зменшення маси стебла спостерігалось у сортів MV Lepeny, Bodycek, Fotima та Поліська 90. Водночас сорти МПП Довіра, Т-51, Pavlina і МПП Дарунок зберегли відносно вищу біомасу, що свідчить про їхню більшу стійкість до осмотичного навантаження.

Таким чином, у результаті досліджень виділено дві групи сортів за характером реакції на осмотичний стрес. До стійкіших належали МПП Довіра, МПП Дарунок, Turkoaz, Pavlina і Т-51, які зберігали високі показники довжини й маси стебла та кореня. До чутливих – MV Lepeny, Bodycek, Fotima, Поліська 90, у яких спостерігалось істотне зниження більшості морфометричних параметрів. Встановлені генотипові відмінності підтверджують перспективність використання окремих сортів як вихідного матеріалу для селекції на підвищення посухостійкості пшениці м'якої озимої.

За результатами двофакторного дисперсійного аналізу встановлено, що вирішальний вплив на формування морфометричних показників проростків пшениці озимої мало середовище, зокрема умови з осмотичним стресом, індукованим сахарозою, тоді як генотипові особливості мали менший вплив (рис. 1).

Для довжини стебла частка впливу середовища становила 53,4 % від загального варіювання, що свідчить про істотну залежність ростових процесів надземної частини від зовнішніх умов. Вплив генотипу був помірним (19,2 %), що відображає наявність певних генетичних відмінностей між сортами за реакцією на стрес, тоді як взаємодія “середовище × генотип” становила лише 8,4 %, тобто різні сорти реагували на осмотичний стрес у схожий спосіб.

Для довжини кореня вплив середовища був ще більш вираженим – 73,5 %,

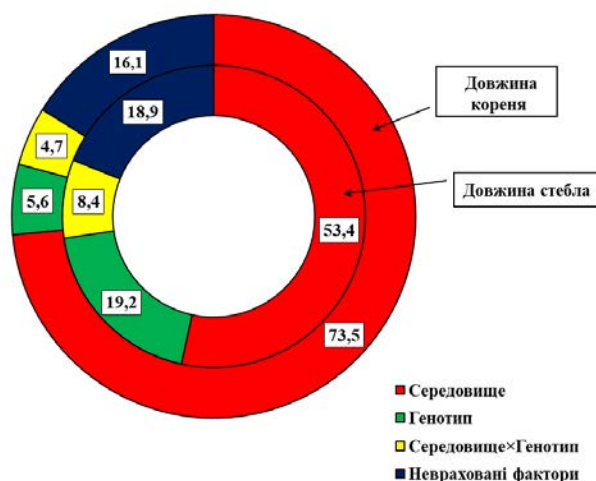


Рис. 1. Вплив (%) чинників на формування довжини стебла та кореня проростків пшениці на субстраті з сахарозою 0,67 М

що свідчить про високу чутливість кореневої системи до умов водного режиму. Частка генотипу (5,6 %) та взаємодії “середовище × генотип” (4,7 %) були незначними, що вказує на домінування абіотичних чинників у регуляції росту коренів за осмотичного стресу.

Отже, основним чинником, що визначає варіювання морфометричних показників проростків пшениці озимої, є середовище, тоді як генотипові особливості мали менший вплив.

Скринінг сортів пшениці м’якої озимої на стійкість до засолення. В ході досліджень виявлено інгібуючу дію NaCl на морфометричні показники проростків усіх генотипів порівняно з контролем. Результати свідчать, що хлорид натрію у концентрації 0,15 М по різному впливав на ріст та розвиток проростків пшениці – залежно від сорту. Дослідження морфометричних показників проростків пшениці м’якої озимої в умовах дії хлориду натрію показало істотний вплив сольового стресу на ріст і розвиток молодих рослин. Порівняно з контролем, у більшості сортів спостерігалось зниження довжини як стебла, так і кореня, що свідчить про порушення водного балансу та фізіологічних процесів у тканинах проростків. У середньому по всіх досліджуваних генотипах довжина стебла зменшилася з 31,4 см до 26,8 см, а довжина кореня – з 46,5 см до 32,2 см, що становить відповідно 88,4 % і 69,2 % від контрольного рівня. Це вказує на більш виражену чутливість кореневої системи до дії солей, оскільки вона першою зазнає впливу високої концентрації іонів у середовищі проростання (табл. 2).

Зниження співвідношення довжина кореня / довжина стебла з 1,5 у контролі до 1,2 у варіанті з NaCl підтверджує погіршення ростового балансу між підземною та надземною частинами. Під впливом сольового навантаження зменшилися також масові показники проростків. Маса стебла 10 рослин знизилася з 2,3 до 2,0 г, маса кореня – з 3,1 до 2,1 г, а співвідношення маса кореня / маса стебла скоротилося з 1,3 до 1,1, що свідчить про послаблення фізіологічної активності кореневої системи.

Таблиця 2

**Морфометричні показники проростків сортів пшениці м'якої озимої
в контролі та на субстратах з хлоридом натрію 0,15 М**

Сорт	Контроль						NaCl 0,15 М					
	ДС, см	ДК, см	ДК/ ДС	МС, г	МК, г	МК/ МС	ДС, см	ДК, см	ДК/ ДС	МС, г	МК, г	МК/ МС
Подольанка	33,1	46,4	1,4	2,5	3,5	1,4	30,6	32,4	1,1	2,3	2,2	1,0
МПП Дарунок	30,5	46,0	1,5	2,6	2,9	1,1	29,2	31,6	1,1	2,2	2,1	0,9
МПП Стефанія	29,9	44,5	1,5	2,2	3,4	1,6	25,5	30,1	1,2	2,0	1,8	0,9
МПП Паляниця	30,7	45,7	1,5	2,4	3,5	1,5	27,7	36,2	1,3	2,1	2,8	1,3
МПП Ауріка	30,4	48,9	1,6	2,5	3,7	1,5	28,4	32,1	1,1	2,1	2,2	1,0
МПП Довіра	33,2	42,5	1,3	2,5	4,0	1,6	28,4	34,1	1,2	2,1	2,4	1,1
Зорепад білоцерківський	34,5	49,2	1,4	2,5	3,5	1,4	31,0	35,9	1,2	2,3	2,6	1,1
Альбатрос одеський	30,2	62,1	2,1	2,1	3,6	1,8	27,2	38,2	1,4	2,0	2,9	1,4
Поліська 90	25,5	47,3	1,9	2,2	2,7	1,2	23,5	31,8	1,4	1,9	2,1	1,1
Анія	26,4	46,3	1,7	2,0	2,8	1,4	25,8	34,9	1,4	2,0	2,5	1,3
Афина	32,9	51,0	1,5	2,3	2,6	1,1	28,9	33,1	1,1	2,1	2,0	1,1
Turkoaz	36,1	41,7	1,2	2,6	2,9	1,1	33,2	30,7	0,9	2,4	2,1	0,9
MV Lerenu	34,4	47,4	1,4	2,5	3,4	1,4	23,0	30,6	1,3	1,9	2,1	1,1
Bodycek	27,7	46,3	1,7	2,0	3,1	1,5	22,1	25,2	1,1	1,7	1,0	0,6
Manella	32,6	46,3	1,4	2,2	3,0	1,4	25,4	32,4	1,3	2,0	2,2	1,1
Pavlina	33,2	43,5	1,3	2,4	2,5	1,1	29,1	33,4	1,1	2,2	2,3	1,1
Fotima	33,5	40,4	1,2	2,4	2,6	1,1	30,4	28,6	0,9	2,2	1,4	0,6
Лан Тянь W 57-6	33,8	45,6	1,3	2,7	2,9	1,1	19,9	29,8	1,5	1,2	1,7	1,4
T-51	33,1	48,7	1,5	2,2	2,6	1,2	22,3	33,5	1,5	1,8	2,3	1,3
G95-2-1-2	26,5	39,8	1,5	2,1	2,2	1,1	24,3	28,8	1,2	1,9	1,7	0,9
Середнє	31,4	46,5	1,5	2,3	3,1	1,3	26,8	32,2	1,2	2,0	2,1	1,1
MAX	36,1	62,1	2,1	2,7	4,0	1,8	33,2	38,2	1,5	2,4	2,9	1,4
MIN	25,5	39,8	1,2	2,0	2,2	1,1	19,9	25,2	0,9	1,2	1,0	0,6
R	10,6	22,3	0,9	0,7	1,8	0,7	13,3	13,0	0,6	1,2	1,9	0,8
НІР ₀₅	3,6	5,4	-	-	-	-	3,6	5,4	-	-	-	-

Примітка: ДС – довжина стебла, ДК – довжина кореня, МС – маса 10 стебел, МК – маса 10 коренів, MAX – максимум, MIN – мінімум, R – розмах варіювання, НІР – найменша істотна різниця.

Найменше пригнічення ростових процесів зафіксовано у сортів МПП Паляниця миронівська, Зорепад білоцерківський, МПП Ауріка, Афина, Pavlina та Turkoaz, які характеризувалися відносно стабільною довжиною стебла (зменшення не перевищувало 10–15 %) і помірним скороченням довжини кореня. У цих генотипів спостерігалася збереження оптимального співвідношення між надземними і підземними органами, що свідчить про наявність адаптивних механізмів, спрямованих на підтримання ростових процесів в умовах осмотичного стресу. Такі сорти можна вважати відносно солестійкими.

Більш істотне зниження біометричних параметрів відзначено у сортів Лан Тянь W 57-6, Bodycek, G95-2-1-2, MV Lerenu, для яких довжина стебла та кореня зменшилися на 25–35 %, а маса органів – майже удвічі. Це свідчить про їх підвищену чутливість до сольового навантаження.

Отримані результати засвідчили, що дія 0,15 М NaCl викликає істотне зниження ростових показників проростків пшениці, особливо за довжиною і масою кореневої системи. У середньому довжина кореня зменшилася до 69,2 %, а довжина стебла – до 88,4 % від контрольних значень. Відносно стійкими до сольового навантаження виявилися сорти МІП Паляниця миронівська, Зорепад білоцерківський, Афина, МІП Ауріка, Pavlina, Turkoaz, які характеризувалися найменшим зниженням морфометричних показників. Найчутливішими до дії NaCl були сорти Лан Тянь W 57-6, Bodaysek, G95-2-1-2 та MV Lereny, що свідчить про їх низьку толерантність до дії хлориду натрію.

Проведений двофакторний дисперсійний аналіз дозволив кількісно оцінити вплив різних чинників на формування довжини стебла та кореня проростків пшениці озимої за дії 0,15 М хлориду натрію.

Для довжини стебла частка впливу генотипу становила 28,7 %, середовища – 9,4 %, а взаємодії генотип × середовище – 16,4 % від загального варіювання (рис. 2). Найбільшу частину варіації (45,6 %) припадало на невраховані чинники, що свідчить про складну полігенну природу ознаки та вплив мікроеваріацій умов росту. Це означає, що за умов сольового стресу реакція генотипів на фактор середовища була диференційованою, але стебло загалом менше залежало від безпосередньої дії середовища порівняно з кореневою системою.

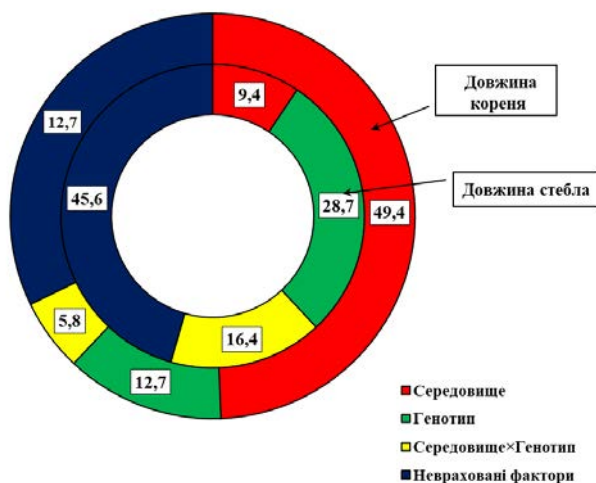


Рис. 2. Вплив (%) чинників експерименту на формування довжини стебла та кореня проростків пшениці в контролі та на субстраті з 0,15 М NaCl

Натомість для довжини кореня визначальним чинником виявилось середовище, частка якого сягала 49,4 % загального варіювання. Це свідчить, що ріст кореня значною мірою зумовлений зовнішніми умовами, зокрема осмотичним потенціалом середовища. Вплив генотипу та взаємодії генотип × середовище був нижчим – 12,7 % та 5,8 % відповідно, хоча обидва ефекти залишались достовірними. Таким чином, реакція кореневої системи на сольовий стрес мала переважно середовищну природу, тоді як ріст стебла більшою мірою визначається генетичними особливостями сортів.

Взаємозв'язок між показниками посухостійкості та солестійкості проростків пшениці м'якої озимої. Проведений кореляційний аналіз дозволив

встановити характер взаємозв'язку між морфометричними показниками проростків пшениці озимої за дії стресів різної природи – посушливого (сахароза,) і сольового (хлорид натрію).

Найвищий рівень взаємозв'язку виявлено між довжиною кореня проростків пшениці озимої за осмотичного (посушливого) та сольового стресів ($r = 0,89$) (табл. 3). Це свідчить про те, що розвиток кореневої системи є ключовим і спільним адаптивним механізмом при обох видах стресу.

Таблиця 3

Кореляція між морфометричними параметрами посухо- та солестійкості проростків пшениці м'якої озимої

Морфометричні параметри посухостійкості	Морфометричні параметри солестійкості проростків					
	ДС	ДК	ДК/ДС	МС	МК	МК/МС
ДС	0,73	–	–	–	–	–
ДК	–	0,89	–	–	–	–
ДК/ДС	–	–	0,61	–	–	–
МС	–	–	–	0,61	–	–
МК	–	–	–	–	0,55	–
МК/МС	–	–	–	–	–	0,33

Примітка: ДС – довжина стебла, ДК – довжина кореня, МС – маса 10 стебел, МК – маса 10 коренів, МАХ – максимум, MIN – мінімум, R – розмах варіювання.

Висока позитивна кореляція між довжиною стебла ($r = 0,73$) також підтверджує узгодженість ростових процесів надземної частини за різних типів несприятливих умов. Дещо нижчий, але все ж значний рівень кореляції виявлено для співвідношення довжини кореня до довжини стебла ($r = 0,61$), що свідчить про узгоджений характер ростових реакцій, спрямованих на підтримання оптимального балансу між підземною та надземною частинами рослини. Для показників маса стебел і маса коренів взаємозв'язки були також значними: $r = 0,61$ і $r = 0,55$ відповідно. Найнижча кореляція спостерігалася між співвідношенням маса кореня / маса стебла ($r = 0,35$).

Таким чином, встановлено, що стійкість до посухи та засолення у пшениці має спільну фізіолого-морфологічну основу, особливо виражену на рівні розвитку кореневої системи. Найтісніший взаємозв'язок між довжиною кореня за різних типів стресу ($r = 0,89$) підтверджує, що саме коренева система є ключовим індикатором адаптації рослин до дії абіотичних стресів, зокрема посухи та засолення, оскільки саме вона першою реагує на зміни у водно-сольовому режимі ґрунту. Тому високі коефіцієнти кореляції між показниками розвитку коренів за умов водного дефіциту та засолення свідчать, що стійкість до обох типів стресу визначається спільними адаптивними механізмами.

Подібні закономірності індивідуальної сортової реакції на осмотичний стрес виявлено і в дослідженнях В. Варавкіна та Н. Таран [21], які вивчали осморегуляторні властивості насіння пшениці озимої в умовах концентрованих розчинів сахарози. Автори показали, що за підвищеного осмотичного тиску спостерігається різна інтенсивність лінійного росту коренів залежно від сорту, тоді як пригнічення росту пагонів посилюється зі зростанням концентрації сахарози в діапазоні 14–22 атм у всіх досліджуваних генотипів. Це свідчить про високу чутливість

надземної частини проростків до осмотичного стресу та водночас про значну роль кореневої системи у формуванні адаптивної відповіді. Негативний вплив соляного стресу на проростання та ранній розвиток проростків пшениці підтверджено також у роботах М. Khayatnezhad & R. Gholamin [22], які встановили зниження водопоглинання, схожості насіння та інтенсивності ростових процесів у п'яти генотипів *Triticum aestivum* L. за дії NaCl.

Висновки. Встановлено, що осмотичний та соляний стреси істотно пригнічували ріст проростків пшениці, що проявлялося у зменшенні довжини та маси стебла і кореня. Виділено три групи сортів, які відрізнялись здатністю до росту на субстратах із стресовими агентами та зберігали стабільні морфометричні показники: посухостійкі – МП Довіра, МП Дарунок, Turkoaz, Pavlina, T-51; солестійкі – МП Паляниця миронівська, Зорепад білоцерківський, Афіна, МП Ауріка; з комплексною стійкістю – Pavlina і Turkoaz. Встановлені генотипові відмінності підтверджують перспективність використання окремих сортів як вихідного матеріалу для селекції на підвищення стійкості до абіотичних стресів пшениці озимої. За результатами дисперсійного аналізу встановлено, що вирішальний вплив на формування морфометричних показників проростків пшениці озимої переважно має середовище, зокрема умови з селективними агентами – сахарозою та хлоридом натрію. Виявлено сильний взаємозв'язок ($r = 0,89$) між довжиною кореня та сильну позитивну кореляцію ($r = 0,73$) між довжиною стебла за різних типів стресу, що може свідчити про спільність адаптаційних механізмів до стресових чинників різної природи. Експериментально підтверджено, що посухо- та солестійкість у пшениці має спільну фізіолого-морфологічну основу, а коренева система є головним показником толерантності як до осмотичного, так і до соляного стресів.

Перспективи використання результатів дослідження. Матеріали дослідження можуть бути використані для подальшого добору вихідних форм у селекційних програмах, спрямованих на підвищення посухо-, солестійкості пшениці м'якої озимої. Виявлені тісні кореляційні зв'язки між морфометричними показниками під час дії різних типів стресу свідчать про універсальність адаптаційних реакцій рослин і відкривають перспективи для інтегрованої селекції за кількома ознаками стійкості. Представлені дослідження доповняють методологію та сприятимуть розв'язанню проблеми стійкості пшениці м'якої озимої до несприятливих кліматичних чинників.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Гамаюнова В. В., Корхова М. М., Панфілова А. В., Смірнова І. В., Коваленко О. А., Хоненко Л. Г. Пшениця озима: ресурсний потенціал та технологія вирощування. Миколаїв: МНАУ, 2021. 300 с.
2. Cui J., Ding J., Deng S., Shao G., Wang W., Wang X. Wheat breeding strategies under climate change based on CERES-Wheat model. *Computers, Materials & Continua*. 2022. Vol. 72 (3). P. 6107–6118. DOI: 10.32604/cmc.2022.027611
3. Рудавська Н. М., Беген Л. Л., Гречешнюк О. В. Вплив агротехнологічних заходів на формування окремих елементів продуктивності пшениці озимої. *Агронаука і практика*. 2025. Вип. 4. Ч. 3. С. 27–32. DOI: 10.32636/agroscience.2025-(4)-3-5
4. Johansson E., Muneer F., Prade T. Plant breeding to mitigate climate change – present status and opportunities with an assessment of winter wheat cultivation in Northern Europe as an example. *Sustainability*. 2023. Vol. 15 (16). 12349. DOI: 10.3390/su151612349
5. Robles-Zazueta C. A., Crespo-Herrera L. A., Piñera-Chavez F. J., Rivera-Amado C., Aradottir G. I. Climate change impacts on crop breeding: Targeting interacting biotic and abiotic stresses for wheat improvement. *The Plant Genome*. 2024. Vol. 17 (1). e20365. DOI: 10.1002/tpg2.20365

6. Zahra N., Hafeez M. B., Wahid A., Al Masruri M. H., Ullah A., Siddique K. H., Farooq M. Impact of climate change on wheat grain composition and quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2023. Vol. 103 (6). P. 2745–2751. DOI: 10.1002/jsfa.12289
7. Raveena, Bharti R., Chaudhary N. Drought resistance in wheat (*Triticum aestivum* L.): a review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2019. Vol. 8 (9). P. 1780–1792. DOI: 10.20546/ijcmas.2019.809.206
8. Васильківський С. П., Гудзенко В. М., Кочмарський В. С., Кириленко В. В. Реалізація потенціалу сортів зернових культур – шлях вирішення продовольчої проблеми. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2017. Т. 21. С. 47–51. DOI: 10.7124/FEEO.v21.805
9. Hmissi M., Chaieb M., Krouma A. Differences in the physiological indicators of seed germination and seedling establishment of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars subjected to salinity stress. *Agronomy*. 2023. Vol. 13. 1718. DOI: 10.3390/agronomy13071718
10. Алексєєнко А. В., Адобовська М. В. Засоленість чорноземів Дунай-Дністровської зрошувальної системи. *Вісник Одеського національного університету. Географічні та геологічні науки*. 2025. Т. 30. № 2 (47). С. 82–91. DOI: 10.18524/2303-9914.2025.2(47).344747
11. Sugumar T., Shen G., Smith J., Zhang H. Creating climate-resilient crops by increasing drought, heat, and salt tolerance. *Plants*. 2024. Vol. 13 (9). 1238. DOI: 10.3390/plants13091238
12. Пикало С., Демидов О., Юрченко Т. Хоменко С., Гуменюк О., Харченко М., Прокопів Н. Методи оцінки посухостійкості селекційного матеріалу пшениці. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. 2020. Вип. 82. С. 63–79. DOI: 10.30970/vlubs.2020.82.05
13. Прокопів Н. І., Чугункова Т. В., Хоменко С. О. Оцінка посухостійкості сортів пшениці м'якої озимої різного еколого-географічного походження за умов осмотичного стресу. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2019. № 3 (79). DOI: 10.31548/dopovidi2019.03.004
14. Гаврилюк І. В., Ковалишина Г. М. Вплив посухи, спричиненої D-манітолом, на проростання насіння сортів пшениці м'якої озимої. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика*. 2024. Вип. 4 (14). С. 100–110. DOI: 10.54651/agri.2024.04.12
15. Jovovic M., Govedarica-Lucic A., Tesanovic D., Tunguz V. Influence of salt and osmotic stress on germination of different wheat cultivars. *International Journal of Crop Science and Technology*. 2015. Vol. 1 (2). P. 47–53.
16. Jovovic M., Tunguz V., Miroslavjević M., Pržulj N. Effect of salinity and drought stress on germination and early seedlings growth of bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Genetika*. 2018. Vol. 50 (1). P. 285–298. DOI: 10.2298/GENSR1801285J
17. Čatav Š. S. Physiological responses of bread and durum wheat seeds to osmotic stress and salinity in the early germination stage. *Botanica Serbica*. 2023. Vol. 47 (2). P. 325–336. DOI: 10.2298/BOTSERB2302325C
18. Спосіб оцінювання сортотразків пшениці до дії посухи на початкових етапах органогенезу: пат. 157893 Україна: МПК A01H1/04. No 202402382; заявл. 06.05.2024; опубл. 11.12.2024, Бюл. № 50.
19. Спосіб оцінювання солестійкості сортотразків пшениці на початкових етапах органогенезу: пат. 158664 Україна: МПК A01H1/04. No 202403040; заявл. 10.06.2024; опубл. 05.03.2025, Бюл. № 10.
20. Chaddock R. E. Principles and methods of statistics. Boston: Houghton Mifflin Company, 1925. 471 p.
21. Варавкін В. О., Таран Н. Ю. Інтенсивність ростових процесів проростків озимої пшениці (*Triticum aestivum* L.) різної селекції за умов високого осмотичного тиску. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка*. 2014. № 4. С. 423–428.
22. Khayatnezhad M., Gholamin R. Study of NaCl salinity effect on wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars at germination stage. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci*. 2010. Vol. 9 (2). P. 128–132.

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 633.111

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.3.7>

ПОРІВНЯЛЬНА АГРОЕКОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА НОВИХ СОРТІВ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗА ПРОДУКТИВНІСТЮ ТА СТІЙКІСТЮ ДО БІОТИЧНИХ ФАКТОРІВ

Підлужний Е.Г. – аспірант кафедри агротехнологій та ґрунтознавства,
Сумський національний аграрний університет
orcid.org/0009-0004-7660-0675

Оничко В.І. – к.с.-г.н.,
доцент кафедри селекції та насінництва ім. проф. М. =Д. Гончарова,
Сумський національний аграрний університет
orcid.org/0000-0003-0584-319X

Чернобай Л.М. – д.с.-г.н.,
завідувач лабораторії селекції та насінництва кукурудзи,
Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН
orcid.org/0000-0001-8405-0424

Пилипенко В.С. – к.с.-г.н.,
доцент кафедри рослинництва,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
orcid.org/0000-0001-5038-2404

Шевченко О.Л. – м.н.с.,
Інститут сільського господарства Північного Сходу НААН
orcid.org/0009-0000-5408-3313

У статті представлено результати комплексного дослідження морфометричних параметрів, структури колоса та врожайності сучасних сортів пшениці озимої в умовах польового експерименту. Метою роботи було встановлення генетичного потенціалу 10 перспективних генотипів та визначення статистичної значущості міжсорткових розбіжностей за основними господарсько-цінними ознаками. Експериментальні дослідження проводили протягом 2024–2025 років на базі відділу землеробства Інституту сільського господарства Північного Сходу НААН у межах Північно-східного Лісостепу. Об'єктом вивчення була пшениця озима, розміщена у зерно-просапній сівозміні після попередника гарбуз. Методика дослід передбачала вивчення впливу різних строків сівби на формування структурних показників урожайності культури. Методологія дослідження базувалася на проведенні польових облік висоти рослин, щільності стеблостою та елементів структури врожаю з наступною математичною обробкою даних методом одновимірного дисперсійного аналізу (ANOVA) у програмі Statistica.

Встановлено, що досліджувані сорти характеризуються значною варіабельністю за архітектонікою та продуктивністю. Лідерами за врожайністю визначено сорти Краєвид (8,94 т/га) та МПП Вишиванка (8,78 т/га), що забезпечується оптимальним поєднанням висоти стебла, щільності продуктивного стеблостою та маси зерна з колоса. Дисперсійний аналіз підтвердив домінуючий вплив генотипу на формування всіх досліджуваних показників ($p < 0,001$). Високі значення критерію Фішера (F від 59,4 до 823,3) та низька варіабельність у межах повторностей свідчать про високу точність експерименту та достовірність виявлених сортових відмінностей. Виявлені міжсорткові розбіжності за висотою рослин, структурою колоса та врожайністю є математично достовірними, що дозволяє рекомендувати найбільш продуктивні генотипи для впровадження у виробництво



та використання у подальших селекційних програмах як джерел цінних господарських ознак. Отримані результати можуть бути використані у селекційній практиці для добору вихідного матеріалу з високою адаптивністю та потенціалом врожайності.

Ключові слова: пшениця озима, сорт, урожайність, структура колоса, дисперсійний аналіз, морфометричні ознаки, висота рослин.

Pidluzhny E.G., Onychko V.I., Chernobai L.M., Pylypenko V.S., Shevchenko O.L. Comparative agroecological characterization of new winter wheat varieties by productivity and resistance to biotic factors

The article presents the results of a comprehensive study of morphometric parameters, spike structure, and yield of modern winter wheat varieties under field experiment conditions. The study aimed to establish the genetic potential of 10 promising genotypes and determine the statistical significance of inter-varietal differences in key economically valuable traits. Experimental research was carried out during 2024–2025 on the basis of the Department of Agriculture of the Institute of Agriculture of the North-East of the National Academy of Sciences within the North-Eastern Forest Steppe. The object of study was winter wheat, placed in a grain-row rotation after the predecessor of pumpkins. The research methodology included the study of the impact of different sowing dates on the formation of structural indicators of crop productivity.

The research methodology was based on field assessments of plant height, productive stem density, and yield structure elements, followed by mathematical data processing using one-way analysis of variance (ANOVA) in Statistica software.

It was established that the studied varieties are characterized by significant variability in terms of plant architecture and productivity. The varieties Kravevyd (8.94 t/ha) and MIP Vyshyvanka (8.78 t/ha) were identified as yield leaders, which is ensured by an optimal combination of plant height, productive stem density, and grain weight per spike. Analysis of variance confirmed the dominant influence of the genotype on the formation of all studied parameters ($p < 0.001$). High F-test values (ranging from 59.4 to 823.3) and low intra-replication variability indicate high experimental precision and the reliability of the identified varietal differences. The identified intervarietal differences in plant height, spike structure and yield are mathematically reliable, which allows recommending the most productive genotypes for introduction into production and use in further breeding programs as sources of valuable economic traits. The obtained results can be utilized in breeding practices for selecting parental material with high adaptability and yield potential.

Key words: winter wheat, variety, yield, spike structure, analysis of variance, morphometric traits, plant height.

Постановка проблеми. Сучасні тенденції зміни клімату в зоні Лісостепу характеризуються зростанням гідротермічного дефіциту, що безпосередньо впливає на критичні етапи онтогенезу пшениці озимої. Зокрема, спостерігається гостра нестача продуктивної вологи в орному шарі ґрунту під час осінньої посівної кампанії, що затримує появу сходів та знижує рівень загартування рослин [1]. Аномально малосніжні зими в поєднанні з різкими коливаннями температур створюють ризики вимерзання та льодової кірки, а посухи у період наливу зернівки (червень–липень) призводять до явища «запалу» зерна, суттєво обмежуючи реалізацію генетичного потенціалу врожайності [2].

Попри зазначені стресові чинники, посіви пшениці озимої здатні формувати стабільно високу продуктивність за умови комплексного підходу до технології вирощування. Водночас, на фоні належного технічного забезпечення, оптимізації систем живлення та інтегрованого захисту рослин, саме генетичний ресурс сорту стає стратегічним фактором стабілізації виробництва [10].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Вибір сортів, максимально адаптованих до специфічних агроєкологічних умов конкретної мікрозони, є ключовим інструментом нівелювання кліматичних ризиків. Сорти різної селекції за своєю суттю є специфічними екологічними біотипами, кожен з яких характеризується індивідуальною нормою реакції на зміну лімітуючих факторів довкілля.

Це обумовлює необхідність постійного агроекологічного моніторингу та порівняльного випробування нових селекційних досягнень для виявлення найбільш пластичних генотипів, здатних ефективно трансформувати ресурси середовища у якісну та високу врожайність [5, 11].

В Україні це питання досліджується доволі активно, оскільки саме пшениця є серед лідерів у експорті сільськогосподарської продукції, відповідно, ефективність її вирощування та отримання високої продуктивності є пріоритетним напрямком. За даними багаторічних випробувань у зоні Степу, порівняльна оцінка різних видів пшениці озимої показала суттєву перевагу сортів м'якої пшениці за рівнем урожайності, тоді як тверда пшениця та спельта виявилися цінними джерелами високого вмісту протеїну. Результати цих досліджень підтверджують, що сортова специфіка є визначальним фактором формування структури врожаю та якості зерна в умовах дефіциту вологи [8]. Знов у ж таки у наукових працях [9], присвячених продуктивності пшениці озимої в умовах Степу, підкреслюється доцільність використання біопрепаратів для стимулювання росту та розвитку рослин на ранніх етапах. Зокрема, результати випробувань 10 сортів засвідчили, що біологізація технології через передпосівну обробку насіння дозволяє краще реалізувати сортові особливості культури та збільшити валовий збір зерна навіть за нестабільних умов довкілля.

Комплексна агроекологічна оцінка колекції сортів м'якої пшениці з різних природно-кліматичних зон України дозволила встановити кореляційні зв'язки між довжиною колоса, кількістю колосків та масою зерна з однієї рослини [6] виділили найбільш перспективні гомеостатичні сорти, які демонструють високу пластичність за ключовими селекційними ознаками навіть за несприятливих умов довкілля. Важливе значення для розуміння адаптивних можливостей культури мають дослідження, проведені в умовах Південного Степу (Асканійська ДСДС), де на фоні різного рівня вологозабезпечення було виділено генотипи інтенсивного типу (Щедрість одеська, Бургунка) та високостабільні сорти (Гарантія одеська, Кошова). Автори підкреслюють, що диференціація сортів за рівнем стресостійкості та селекційною цінністю дозволяє чітко типізувати сучасний селекційний матеріал для різних технологій вирощування [3].

Постановка завдання. Метою дослідження було проведення комплексної агроекологічної оцінки та порівняльного аналізу сучасних сортів пшениці озимої за показниками індивідуальної продуктивності та адаптивної здатності для виявлення найбільш стабільних генотипів, придатних для вирощування в мінливих гідротермічних умовах Лісостепу України.

Експериментальні дослідження проводили протягом 2024–2025 років на базі відділу землеробства Інституту сільського господарства Північного Сходу НААН у межах Північно-східного Лісостепу. Об'єктом вивчення була пшениця озима, розміщена у зерно-просапній сівоzmіні після попередника гарбуз. Методика досліду передбачала вивчення впливу різних строків сівби на формування структурних показників урожайності культури.

Грунтовий покрив дослідної ділянки представлений чорноземом типовим малогумусним слабовилугуваним із крупнопилувато-середньосуглинковим гранулометричним складом. Агрохімічний аналіз орного шару (0–30 см) засвідчив високий рівень природної родючості: вміст гумусу за Тюрніним становить 4,1%, а рН сольової витяжки знаходиться в межах 6,0–6,4. Забезпеченість рухомими формами фосфору та калію (за Чириковим) характеризується показниками 149 та 100 мг/кг ґрунту відповідно, тоді як азотний режим визначався вмістом легкогідролізованого азоту на рівні 84–110 мг/кг.

Метеорологічні умови осіннього періоду 2024 року відзначалися аномальним теплом та гострим дефіцитом вологи. Зокрема, вересень характеризувався середньодобовою температурою повітря 20,5°C, що на 7,1°C вище за норму, за повної відсутності опадів. Це спричинило пересихання посівного шару ґрунту та ускладнило отримання повноцінних сходів. Сума активних температур (>5°C) за осінь склала 968°C, що майже вдвічі перевищило багаторічний показник, а стійке зниження температури нижче 0°C зафіксовано лише наприкінці листопада.

Зимовий період 2024–2025 рр. пройшов за нестійкого температурного режиму та суттєвого недобору опадів (лише 17% від норми). Попри помірний характер зими, у лютому спостерігалось зниження температури до -17°C за незначного снігового покриву (10–13 см). Відновлення весняної вегетації відбулося 5 березня 2025 року. Весняно-літній етап розвитку проходив в умовах підвищеного температурного фону (на 2,6°C вище норми у квітні-травні) та періодичних посух. Літо було спекотним із сумою активних температур (>10°C) на рівні 1949°C, що підтверджує загальну аридизацію клімату в регіоні.

Агротехніка вирощування базувалася на загальноприйнятих рекомендаціях для зони дослідження. Система обробітку ґрунту включала лущення стерні агрегатом АГД-2,8 та основний обробіток із використанням КЛД-2. Передпосівна підготовка передбачала культивування та обов'язкове прикочування котками КЗК-6 для оптимізації насінневого ложа. Сівбу здійснювали селекційною сівалкою СС-16.

Система живлення була уніфікованою і включала внесення $N_{48}P_{48}K_{48}$ під основний обробіток. Додатково проводили два підживлення по 34 кг д. р. азоту/га: по мерзлоталому ґрунту та у фазу виходу в трубку. Інтегрований захист посівів забезпечувався застосуванням гербіциду Агент, фунгіцидів Дезорал і Стробіфан, а також інсектициду Антиколорад Макс відповідно до встановлених порогів шкодочинності. Схема дослідів відображена у таблиці 1.

Таблиця 1

Схема польового дослідів

№ п/п	Сорт	Рік занесення до реєстру	Установа оригінатор
1	МПП Вишиванка	2017	Миронівський інститут пшениці ім. В.М. Ремесла НААН
2	МПП Аеліта	2023	
3	МПП Ювілейна	2019	
4	Вигадка	2019	Інститут рослинництва ім. В.Я.Юр'єва НААН
5	Гайок	2020	
6	Проня	2020	
7	Метелиця харківська	2020	Національний науковий центр «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України»
8	Красвид	2014	
9	Співанка Поліська	2018	
10	Землероб	2022	

Польові дослідів закладали та розташовували в натурі згідно з методичними вказівками ННЦ «Інститут землеробства НААН» [12] за чотириразової повторності варіантів. Програма досліджень базувалася на комплексному поєднанні польового, візуального, обліково-вагового та лабораторного методів, що дозволило проводити системні спостереження за етапами органогенезу культури. Фенологічні спостереження та структурний аналіз снопового матеріалу здійснювали

відповідно до чинної Методики проведення експертизи сортів [4]. Облік урожайності проводили шляхом суцільного обмолоту комбайном «Massey Ferguson» з подальшим перерахунком показників на 100% чистоту та 14% вологості.

Статистичний аналіз виконували за допомогою програми Statistica 10.0, зокрема використовували описаві статистики та однофакторний дисперсійний аналіз.

Виклад основного матеріалу дослідження. За показником висоти рослин досліджувані сорти пшениці озимої чітко розділилися на три групи (таблиця 2). До першої групи – високорослих форм – увійшли сорти МІП Вишиванка ($102,00 \pm 0,79$ см) та Землероб ($100,10 \pm 0,94$ см). Такі морфотипи мають перевагу в конкуренції з бур'янами, проте потребують ретельного контролю за ризиком вилягання. Другу групу сформували середньорослі сорти, такі як МІП Аеліта, Проня, Метелиця харківська та Співанка Поліська, з висотою в діапазоні 86 - 99 см. Найбільш низькорослим (напівкарликовим) виявився сорт Вигадка ($78,19 \pm 0,94$ см), що свідчить про його високу технологічність та придатність для інтенсивних технологій вирощування з високими нормами азотних добрив.

Формування продуктивного стеблостою виявилось найбільш інтенсивним у сорту МІП Вишиванка, який забезпечив найвищий показник у досліді – $541,13 \pm 2,90$ шт./м². Високу здатність до кущення та виживання рослин також продемонстрував сорт Проня ($520,75 \pm 6,82$ шт./м²), хоча він і відзначився найбільшим стандартним відхиленням, що вказує на вищу чутливість цього сорту до мікроумов ділянки. Середні показники щільності (в межах 460–490 шт./м²) зафіксовані у сортів Землероб, МІП Аеліта та Краєвид. Найменшу кількість продуктивних стебел на одиницю площі сформували сорти МІП Ювілейна ($440,57 \pm 3,60$ шт./м²) та Вигадка ($444,75 \pm 4,17$ шт./м²), що вказує на необхідність оптимізації норми висіву для цих генотипів.

Математична обробка результатів досліджень методом одновимірного дисперсійного аналізу підтвердила високу статистичну значущість впливу генотипу на формування основних морфометричних параметрів пшениці озимої. Отримані значення критерію Фішера для висоти рослин ($F = 739,62$) та щільності продуктивного стеблостою ($F = 484,34$) суттєво перевищують критичні межі при мінімальному рівні ймовірності помилки ($p < 0,001$). Це дає підстави стверджувати, що спостережувана варіабельність ознак у межах досліду майже повністю детермінована спадковими особливостями сортів, а частка випадкової помилки є неістотною для загальної моделі.

Аналіз показників висоти рослин виявив глибоку міжсорткову диференціацію, де загальна сума квадратів відхилень склала 4952,73, а середній квадрат ефекту ($MS = 550,30$) багаторазово переважав середній квадрат помилки ($MS_{\text{error}} = 0,74$). Така висока точність досліду дозволяє надійно класифікувати сорти за їхньою архітектонікою: від інтенсивних низькорослих форм (сорт Вигадка, 78,19 см) до високорослих генотипів (сорт МІП Вишиванка, 102,00 см). Низька варіабельність усередині повторностей підкреслює генетичну вирівняність досліджуваного матеріалу та стабільність прояву ознак у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах.

Щодо формування продуктивного стеблостою, дисперсійний аналіз також продемонстрував домінуючу роль сортового фактора, про що свідчить високе значення середнього квадрата ефекту ($MS = 7786,89$) на фоні відносно низької випадкової варіації ($MS_{\text{error}} = 16,08$). Загальна мінливість за цією ознакою була значно вищою порівняно з висотою рослин (сума квадратів ефекту склала 70082,00), що пояснюється складним механізмом адаптації кожного сорту до умов кущення. Статистично доведені розбіжності між сортом-лідером МІП Вишиванка ($541,13$ шт./м²)

та іншими зразками дозволяють розглядати щільність стеблостою як один із ключових чинників реалізації потенціалу врожайності в даному експерименті.

Таблиця 2

Морфологічні показники сортів пшениці озимої (середнє $\pm$ ст. відхилення)

Назва сорту	Висота рослин, см	Продуктивний стеблостій, шт./м ²
МПП Вишиванка	102,00 $\pm$ 0,79	541,13 $\pm$ 2,90
МПП Аеліта	99,13 $\pm$ 0,99	489,38 $\pm$ 3,81
МПП Ювілейна	85,16 $\pm$ 0,67	440,57 $\pm$ 3,60
Вигадка	78,19 $\pm$ 0,94	444,75 $\pm$ 4,17
Гайок	81,25 $\pm$ 0,93	463,75 $\pm$ 4,86
Проня	87,31 $\pm$ 1,14	520,75 $\pm$ 6,82
Краєвид	85,15 $\pm$ 0,62	484,50 $\pm$ 2,45
Метелиця харківська	86,09 $\pm$ 0,69	470,25 $\pm$ 3,11
Співанка Поліська	86,10 $\pm$ 0,76	466,13 $\pm$ 2,90
Землероб	100,10 $\pm$ 0,94	491,50 $\pm$ 3,59

Аналіз елементів структури врожаю дозволяє оцінити внесок окремих параметрів колоса у загальну продуктивність генотипів (Таблиця 3). За кількістю зерен у колосі лідером виявився сорт Проня (37,00 шт.), тоді як найменшу озерненість продемонстрував сорт Вигадка (30,00 шт.). Більшість досліджуваних сортів (Аеліта, Гайок, Краєвид, Метелиця) сформували стабільний показник на рівні 35,00 зерен у колосі.

Показник маси зерен з одного колоса найкраще проявився у сорту Співанка Поліська (1,72 г), що в поєднанні з високою озерненістю робить його перспективним для отримання високих врожаїв. Високі результати також зафіксовані у сортів Краєвид (1,68 г) та МПП Аеліта (1,63 г). Найнижчу продуктивність колоса мали сорти Вигадка та Гайок (1,37-1,38 г).

Важливим технологічним показником є маса 1000 зерен, яка характеризує крупність та виповненість зерна. Найбільш крупне зерно сформували сорти Співанка Поліська (48,56 г), МПП Ювілейна (48,07 г) та Краєвид (48,06 г). Натомість сорти Гайок та Проня відзначилися дрібнішим зерном, маса 1000 одиниць якого не перевищувала 40 г. Низькі значення стандартного відхилення по всій таблиці підтверджують високу стабільність формування ознак структури врожаю в межах досліджу.

Результати дисперсійного аналізу показників структури колоса підтвердили визначальний вплив сортових особливостей на формування продуктивності зерна пшениці озимої. Високі значення критерію Фішера для кількості зерен у колосі ($F = 59,41$), маси зерен з колоса ($F = 362,10$) та маси 1000 зерен ($F = 823,27$) при нульовому рівні ймовірності помилки ($p < 0,001$) свідчать про те, що мінливість цих ознак майже повністю детермінована генетичним фактором. Зокрема, аналіз маси зерен з одного колоса продемонстрував надзвичайно низьку випадкову варіацію ($M\text{Serror} = 0,0003$), що вказує на високу стабільність цього показника в межах кожного сорту та точність проведеного експерименту. Найбільший внесок сортового фактора у загальну дисперсію спостерігався за масою 1000 зерен, де середній квадрат ефекту ($MS = 93,34$) у сотні разів перевищив помилку дослідження ($M\text{Serror} = 0,11$), що дозволяє розглядати крупність зерна як надійний та високоспадковий дескриптор для ідентифікації найбільш адаптивних генотипів у конкретних умовах вирощування.

Таблиця 3

**Показники продуктивності колоса та маси 1000 зерен
(середнє $\pm$ ст. відхилення)**

Назва сорту	Кількість зерен у колосі, шт.	Маса зерен з колоса, г	Маса 1000 зерен, г
МІП Вишиванка	32,00 $\pm$ 0,76	1,51 $\pm$ 0,015	47,15 $\pm$ 0,24
МІП Аеліта	35,00 $\pm$ 0,76	1,63 $\pm$ 0,018	47,43 $\pm$ 0,33
МІП Ювілейна	33,00 $\pm$ 0,82	1,58 $\pm$ 0,018	48,07 $\pm$ 0,29
Вигадка	30,00 $\pm$ 0,76	1,38 $\pm$ 0,017	46,15 $\pm$ 0,35
Гайок	35,00 $\pm$ 0,76	1,37 $\pm$ 0,017	39,26 $\pm$ 0,34
Проня	37,00 $\pm$ 0,76	1,45 $\pm$ 0,021	39,59 $\pm$ 0,47
Краєвид	35,00 $\pm$ 0,76	1,68 $\pm$ 0,018	48,06 $\pm$ 0,27
Метелиця харк.	35,00 $\pm$ 0,76	1,54 $\pm$ 0,017	44,79 $\pm$ 0,30
Співанка Поліська	36,00 $\pm$ 0,76	1,72 $\pm$ 0,017	48,56 $\pm$ 0,37
Землероб	33,00 $\pm$ 0,76	1,55 $\pm$ 0,017	46,95 $\pm$ 0,35

Аналіз урожайності досліджуваних сортів пшениці озимої (рис. 1) дозволив виявити значну варіабельність даного показника залежно від генетичних особливостей генотипів. За результатами статистичної обробки даних, розмах урожайності в межах досліді становив від 6,99 т/га до 8,94 т/га.

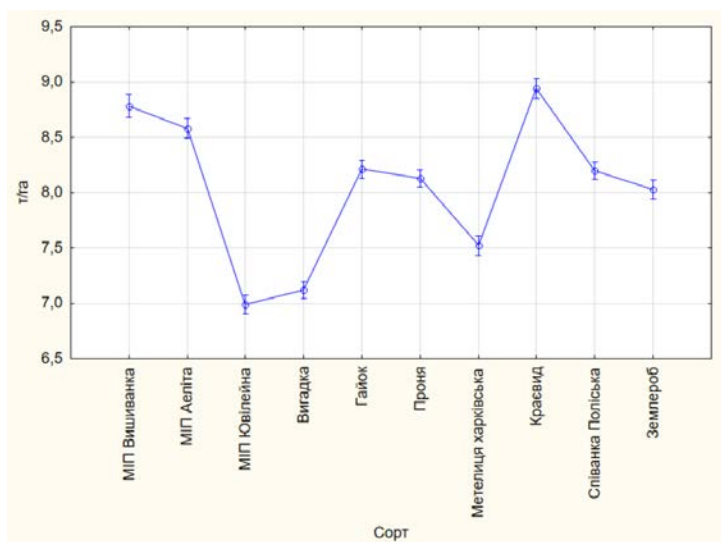


Рис. 1. Урожайність досліджуваних сортів (середнє за 2024-2025 рр.)

Найвищу продуктивність продемонстрував сорт Краєвид, показник якого наблизився до позначки 9,0 т/га, що статистично достовірно перевищує результати більшості інших сортів. Високий рівень урожайності також зафіксовано у сортів МІП Вишиванка (8,78 т/га) та МІП Аеліта (8,58 т/га). Групу середньопродуктивних генотипів сформували сорти Гайок, Співанка Поліська, Проня та Землероб, показники яких варіювали в межах 8,0 - 8,2 т/га без суттєвих розбіжностей між собою.

Мінімальні значення врожайності в умовах експерименту були характерні для сортів МІП Ювілейна (6,99 т/га) та Вигадка (7,12 т/га). Наведена на рисунку довжина «вусів» (довірчих інтервалів) свідчить про високу вирівняність даних у межах повторностей та низьку помилку досліду, що підтверджує достовірність отриманих результатів. Характер кривої графіка вказує на те, що сорти селекції МІП та ІЗ НААН продемонстрували кращу адаптивність за показником продуктивності в порівнянні з іншими зразками.

Результати дисперсійного аналізу врожайності підтвердили визначальну роль генотипу у формуванні продуктивності пшениці озимої, демонструючи надзвичайно високий рівень статистичної значущості. Значення критерію Фішера ($F = 596,84$) при нульовому рівні ймовірності помилки ($p < 0,001$) вказує на те, що міжсортів розбіжності за врожайністю є об'єктивними та достовірними. Розрахований середній квадрат ефекту ($MS = 1,75$) суттєво переважає середній квадрат помилки ($MS_{\text{error}} = 0,0029$), що свідчить про мінімальний вплив випадкових факторів на результати експерименту. Така висока точність моделі та низька варіабельність у межах повторностей дозволяють стверджувати, що виявлені лідери за продуктивністю – сорти Краєвид та МІП Вишиванка – мають генетично обумовлені переваги в реалізації потенціалу врожайності в умовах досліду.

Висновки. На основі проведених досліджень встановлено, що формування врожайності пшениці озимої в умовах експерименту було детерміновано поєднанням сприятливої архітекtonіки рослин та високої продуктивності колоса. Сорти-лідери – Краєвид (8,94 т/га) та МІП Вишиванка (8,78 т/га) – продемонстрували найкращу адаптивність, що підтверджується статистично достовірними перевагами над іншими генотипами. Висока врожайність цих сортів була забезпечена за рахунок оптимальної щільності стеблостою (484–541 шт./м²) та потужного розвитку колоса, зокрема у сорту МІП Вишиванка, який поєднав найбільшу висоту рослин (102,0 см) із високою вирівняністю посіву. Водночас сорт Співанка Поліська, попри дещо нижчу врожайність, виділився за масою зерна з колоса (1,72 г) та масою 1000 зерен (48,56 г), що вказує на його значний біологічний потенціал за умови оптимізації густоти стояння рослин.

Результати дисперсійного аналізу підтвердили домінуючу роль генотипу у варіабельності всіх досліджуваних ознак, про що свідчать надзвичайно високі значення критерію Фішера (від 59,4 для озерненості до 823,3 для маси 1000 зерен) при рівні значущості $p < 0,001$. Мінімальні значення середнього квадрата помилки для врожайності (0,0029) та морфометричних показників свідчать про високу точність польового експерименту та репрезентативність отриманих даних.

Таким чином, виявлені міжсортів розбіжності за висотою рослин, структурою колоса та врожайністю є математично достовірними, що дозволяє рекомендувати найбільш продуктивні генотипи для впровадження у виробництво та використання у подальших селекційних програмах як джерел цінних господарських ознак.

Аналіз результатів дослідників Дніпровського ДАЕУ підтверджує нашу тезу про існування двох стратегій формування врожайності: через продуктивність головного колосу (як у сортів Співанка Поліська чи Краєвид) або через вищу кустистість (аналогічно до сорту МІП Вишиванка). Цікаво, що автори також виділяють масу 1000 зерен (МТЗ) як індикатор продуктивності, що корелює з нашими даними, де цей показник мав найвищий рівень сортової детермінації. Обидва дослідження доводять, що реалізація генетичного потенціалу сучасних сортів (як української, так і зарубіжної селекції) критично залежить від стабільності морфологічних ознак у конкретних екологічних нішах [7]. Аналіз результатів у Північному

Степу підтверджує наші висновки щодо значного впливу генотипу на коефіцієнт кущіння та формування продуктивного стеблостою, де сорт Вигадка стабільно демонструє високу врожайність та економічну ефективність. Дослідження авторів акцентує на критичній ролі погодних умов у реалізації потенціалу загального кущіння в продуктивне, що перегукується з нашими даними про високу сортової детермінацію щільності стеблостою. Порівняння результатів у різних зонах (Степ та Лісостеп) вказує на те, що сорти інтенсивного типу, як-от Вигадка або Краєвид, здатні забезпечувати високу рентабельність за рахунок оптимальної архітектури агроценозу[4].

Результати цього дослідження також знаходять підтвердження в ширшому екологічному випробуванні тієї ж наукової установи, де сорти Краєвид (9,58 т/га) та Співанка Поліська (8,94 т/га) стабільно ідентифікуються як лідери за продуктивністю в зоні нестійкого зволоження. Наші дані щодо визначальної ролі маси 1000 зерен та маси зерна з колоса математично обґрунтовують той високий рівень індивідуальної продуктивності, який колеги відмічають у кращих генотипів київської та миронівської селекції. Спільним висновком обох циклів випробувань є те, що поєднання високого адаптивного потенціалу з вирівняністю морфометричних показників дозволяє цим сортам максимально ефективно використовувати агрометеорологічні ресурси Лісостепу. Це свідчить про високу спадкову детермінацію ознак продуктивності, що робить дані сорти надійними еталонами для вдосконалення адаптивних технологій вирощування в регіоні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Кривохижа Є. М., Матвійшин А. І., Бринь В. Т. Вплив зміни клімату на врожайність основних сільськогосподарських культур в Україні. *Podilian Bulletin Agriculture Engineering Economics*. 2024. Vol. 44. P. 33–37. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2024-3.5>
2. Собко М. Г., Глушак З. І., Крючко Л. В., Бутенко А. О. Формування врожайності та якості зерна сучасних сортів пшениці озимої різних за географічним походженням. *Аграрні інновації*. 2022. № 12. С. 60–69. <https://doi.org/10.32848/agra.innov.2022.12.10>
3. Тищенко А. В., Коновалова В. М., Базалій Г. Г., Фундират К. С., Тищенко О. Д., Резніченко Н. Д., Коновалов В. О. Ecological plasticity and stability of winter wheat varieties in the conditions of the southern steppe of ukraine (part 1 – years with sufficient moisture). *Аграрні інновації*. 2023. № 19. С. 190–200. <https://doi.org/10.32848/agra.innov.2023.19.29>
4. Чугрій Г. А., Вискуб Р. С., Поплевко В. І., Шульц П., Скипа Н. Л. Наукові принципи підбору сортів пшениці м'якої озимої за адаптивними ознаками. *Аграрні інновації*. 2022. № 11. С. 60–67. <https://doi.org/10.32848/agra.innov.2022.11.8>
5. Шакалій С. М., Баган А. В., Юрченко С. О., Головаш Л. М. Вплив сортових властивостей пшениці м'якої озимої на мінливість продуктивності. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2022. Вип. 1. С. 11–17. <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.01.01>
6. Havryliuk I., Kovalyshyna H. Characteristics of soft winter wheat varieties by crop structure and grain quality indicators. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*. 2024. Vol. 28(4). P. 68–84. <https://doi.org/10.56407/bs.agrarian/4.2024.68>
7. Khoroshun I. V., Nazarenko M. M. Development of key characters of yield and quality in new varieties of winter wheat. *Taurian Scientific Herald*. 2024. Vol. 137. P. 312–318. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.137.37>
8. Korkhova M., Panfilova A., Domaratskiy Y., Smirnova I. Productivity of Winter Wheat (*T. Aestivum*, *T. Durum*, *T. Spelta*) Depending on Varietal Characteristics in the

Context of Climate Change. Ecological Engineering & Environmental Technology, 2023. Vol. 24(4). P. 236–244. <https://doi.org/10.12912/27197050/163124>

9. Korkhova M., Smirnova I., Panfilova A., Bilichenko O. Productivity of winter wheat depending on varietal characteristics and pre-sowing treatment of seeds with biological products. Scientific Horizons. 2023. Vol. 26. № 5. P. 65–75. <https://doi.org/10.48077/scihor5.2023.65>

10. Sobko M., Butenko Y., Davydenko G., Solarov O., Pylypenko V., Makarova V., Mikulina M., Samoshkina I., Antonovskyi O., Poriadynskyi V. Ecological and economic study of wheat winter varieties by different geographical origin. Ecological Engineering & Environmental Technology. 2023. Vol. 24(1). P. 12–21. <https://doi.org/10.12912/27197050/154912>

11. Zhemela H. P., Barabolia O. V., Tatarko Y. V., Antonovskiy O. V. The effect of variety peculiarities on winter wheat grain quality. Bulletin of Poltava State Agrarian Academy. 2020. Vol. 3. P. 32–39. doi:10.31210/visnyk2020.03.03.

12. Присяжнюк Л.М., Хоменко Т.М., Ляшенко С.О., Мельник С.І. Показники продуктивності нових сортів м'якої озимої пшениці (*Triticum aestivum* L.) залежно від факторів вирощування. Вивчення та охорона сортів рослин. 2022. Вип. 18(4). С. 273–282. doi.org/10.21498/2518-1017.18.4.2022.273989

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 633.34:631.4

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.3.8>

АГРОКЛІМАТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ОСОБЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ В ЗОНІ ЗАХІДНОГО ПОЛІССЯ

Поліщук О.С. – аспірант,

Інститут водних проблем і меліорації НААН

orcid.org/0009-0002-8831-0662

У статті наведено результати експериментальних досліджень з агрокліматичного обґрунтування та особливостей вирощування сої в зоні Західного Полісся.

Аналіз даних метеопосту Сарненської дослідної станції показує, що за 2010-2024 рр. сума активних температур вище 10 °C за травень-вересень в зоні Західного Полісся стабільно перевищує 2500 °C, а за безморозний період – 2200 °C, що дозволяє одержувати фізіологічно-стигле зерно ультра ранніх та ранньостиглих сортів сої.

За результатами експериментальних досліджень встановлено, що в цілому необхідна сума активних температур вище 10 °C від сходів до повної стиглості зерна при вирощуванні сорту Юнка (вегетаційний період 85 днів) варіювала у межах – 2092,7-2195,1 °C та від сівби і до повної стиглості зерна – 2226,4-2296,3 °C. По сорту Астор (вегетаційний період 105 днів) необхідна сума активних температур вище 10 °C від сходів до повної стиглості зерна варіювала у межах – 2232,1-2457,0 °C та від сівби і до повної стиглості зерна – 2345,8-2590,7 °C. По сорту Нептун (вегетаційний період 115 днів) необхідна сума активних температур вище 10 °C від сходів до повної стиглості зерна варіювала у межах – 2232,1-2457,0 °C та від сівби і до повної стиглості зерна – 2345,8-2590,7 °C. Проведені дослідження показали, що на дерново-підзолистих ґрунтах урожайність сої сорту Юнка протягом 2021-2023 рр. була в межах – 4,14-4,88 т/га, по сорту Астор – 3,55-4,21 т/га, по сорту Ніагара – 2,75-3,61 т/га, по сорту Нептун – 2,34-3,93 т/га та по сорту Sb₁₄₂ – 2,09-3,56 т/га.

На торфових ґрунтах урожайність сої сорту Юнка протягом 2021-2023 рр. була в межах – 2,33-2,90 т/га, по сорту Астор – 2,11-2,62 т/га, по сорту Ніагара – 2,05-2,58 т/га, по сорту Нептун – 1,72-2,2 т/га та по сорту Sb₁₄₂ – 1,44-2,08 т/га.

Ключові слова: гідротермічні ресурси, дерново-підзолисті ґрунти, торфові ґрунти, соя, група стиглості, вологість зерна, урожайність.

Polishchuk O.S. Agroclimatic basis and features of soybean growing in the Western Polissia zone

The article presents the results of experimental studies on agroclimatic justification and features of soybean cultivation in the Western Polissya zone.

Analysis of data from the weather station of the Sarny Research Station shows that in 2010-2024 the sum of active temperatures above 10 °C for May-September in the Western Polissya zone stably exceeds 2500 °C, and during the frost-free period – 2200 °C, which allows obtaining physiologically ripe grain of ultra-early and early-ripening soybean varieties. According to the results of experimental studies, it was established that in general the required sum of active temperatures above 10 °C from germination to full grain ripeness when growing the Yunka variety (vegetation period 85 days) varied within the limits of – 2092.7-2195.1 °C, and from sowing to full grain ripeness – 2226.4-2296.3 °C. For the Astor variety (vegetation period 105 days) the required sum of active temperatures above 10 °C from germination to full grain maturity varied within the range of – 2232.1-2457.0 °C, and from sowing to full grain maturity – 2345.8-2590.7 °C. For the Neptune variety (vegetation period 115 days) the required sum of active temperatures above 10 °C from germination to full grain maturity varied within the range of – 2232.1-2457.0 °C and from sowing to full grain maturity – 2345.8-2590.7 °C. The conducted studies showed that on sod-podzolic soils, the yield of soybeans of the Yunka variety



© Поліщук О.С., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

during 2021-2023 was within the range of 4.14-4.88 t/ha, of the Astor variety - 3.55-4.21 t/ha, of the Niagara variety - 2.75-3.61 t/ha, of the Neptune variety - 2.34-3.93 t/ha, and of the Sb142 variety - 2.09-3.56 t/ha.

On peat soils, the yield of soybeans of the Yunka variety during 2021-2023 was within the range of 2.33-2.90 t/ha, of the Astor variety - 2.11-2.62 t/ha, of the Niagara variety - 2.05-2.58 t/ha, of the Neptune variety - 1.72-2.2 t/ha, and of the Sb142 variety - 1.44-2.08 t/ha.

Key words: hydrothermal resources, sod-podzolic soils, peat soils, soybeans, maturity group, grain moisture, yield.

Постановка проблеми. В останні роки в зоні Західного Полісся України відмічено значне розширення посівних площ сої. Однак відбувається без належного наукового супроводу і обґрунтування, а технологія її вирощування в багатьох випадках переноситься автоматично із зони Лісостепу та Степу без врахування ґрунтово-кліматичних особливостей зони Західного Полісся. За таких умов це призводить до істотного недобору урожаю через невірний обраний сорт та нехтування окремими елементами технології її вирощування, які слід обов'язково враховувати в зоні з недостатніми тепловими ресурсами [1, 2].

Соя є культурою мусонного клімату, яка вимоглива до теплових ресурсів, тому до її вирощування в північних регіонах України рекомендується підходити дуже зважено, адже це територія з обмеженими тепловими ресурсами [3].

Аналіз останніх досліджень у публікаціях. Ще 20-30 років тому вирощування сої на 50-й паралелі широти вважалося неможливим. Однак суттєве потепління клімату, яке розпочалося 20-30 років тому і найбільш інтенсивно відбувається саме в зоні Полісся, призвело до істотного підвищення теплозабезпеченості [4]. Вирішальним фактором ефективності сорту у системі землеробства є те, як він адаптований до вирощування в ґрунтово-кліматичних умовах певної зони. В силу характерної для більшості сортів сої реакції на тривалість дня (фотоперіод) вони зазвичай придатні вузьким географічним зонам. Вважається, що просування сої на північ всього на один градус широти (близько 100 км) вимагає впровадження нового сорту. При просуванні сої на північ особливо важливо використовувати весь безморозний період. Існують сорти, що дозрівають у серпні, однак їх потенційна врожайність приблизно на 30% нижча порівняно з сортами, що стійко дозрівають у вересні [5].

Результати досліджень останніх років показують перспективність вирощування сої в зоні Західного Полісся [6, 7, 8]. Однак потребує вивчення і уточнення низка елементів технологій, в першу чергу, підбір оптимальної групи стиглості сортів сої для гарантованого одержання фізіологічно стиглого насіння в умовах обмежених теплових ресурсів.

Зважаючи на це, особливої актуальності набувають дослідження з оцінки наявних теплових ресурсів з метою підбору оптимальної групи стиглості сорту відповідно до агрокліматичних умов регіону вирощування.

Мета досліджень полягала в аналізі відповідності забезпечення теплом біологічним вимогам сої, та встановленні технологічних особливостей вирощування сої на різних типах ґрунтів в зоні Західного Полісся, встановленні зв'язків між температурним режимом, сумою опадів та врожайністю.

Постановка завдання. Дослідження щодо встановлення відповідності забезпечення сої теплом та вологою проводили в 2021-2024 рр. на Сарненській дослідній станції (зона Західного Полісся). Джерелом даних щодо показників температури та опадів були дані метеопосту Сарненської дослідної станції. Осушуваний торфоболотний масив Сарненської дослідної станції є типовим для Західного Полісся – глибоким середньозольним незаплавним гіпново-осоковим болотом низинного типу. Крім торфових ґрунтів, у землекористуванні станції є також

дерново-підзолисті ґрунти. Дані типи ґрунтів є найбільш поширеними в зоні Західного Полісся, тому одержані тут дані є репрезентативними для усього регіону. Ґрунти, як торфові, так і дерново-підзолисті, мають слабокислу реакцію ґрунтового середовища ($\text{pH}_{\text{сол}} 4,6-5,0$).

У польових дослідках вивчалися 4 класичних сорти сої канадської селекції (Sevita genetics) та 1 сорт американської селекції: Юнка, вегетаційний період 85 днів; Астор, вегетаційний період 105 днів; Ніагара, вегетаційний період 108 днів; Нептун, вегетаційний період 120 днів; Sb₁₄₂ – сорт американської селекції, вегетаційний період 125 днів. Досліджувані сорти сої вивчалися на осушуваних торфових та дерново-підзолистих легкосуглинкових ґрунтах, які є найбільш поширеними в зоні Західного Полісся, що робить отримані дані репрезентативними для усього регіону.

Для оцінки гідротермічних умов в роки проведення досліджень використовували дані метеопосту Сарненської дослідної станції, який розташований безпосередньо на осушуваному торфоболотному масиві станції.

Виклад основного матеріалу дослідження. Соя – культура мусонного клімату, тому є вимогливою до тепла, а також реагує на тривалість світлового дня. Зона Західного Полісся, попри доволі істотне потепління клімату, є зоною з обмеженими тепловими ресурсами, тому не усі сорти сої тут можливо вирощувати. Для повноцінного дозрівання та отримання хорошого врожаю сої ультраранніх та ранньостиглих сортів необхідна мінімальна сума активних температур (вище 10 °C) знаходиться у межах 1800-2200 °C.

Динаміка суми активних температур вище 10 °C за 2010-2024 рр. по метеопосту Сарненської дослідної станції ІВПіМ НААН наведено на рис. 1.

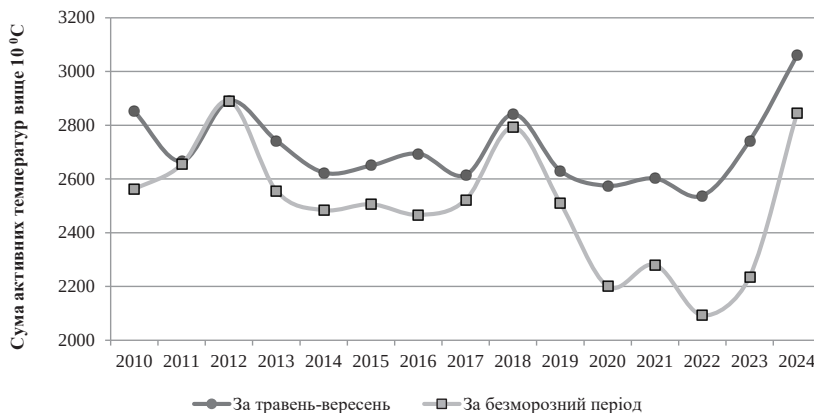


Рис. 1 Динаміка суми активних температур вище 10 °C за 2010-2024 рр. по метеопосту Сарненської дослідної станції ІВПіМ НААН

На прикладі метеопосту Сарненської дослідної станції можна відмітити, що в даний час сума активних температур вище 10 °C за травень-вересень в зоні Західного Полісся стабільно перевищує 2500 °C, а за без морозний період – понад 2200 °C, що вказує на можливість вирощування ультра ранні та ранньостиглих сортів сої. Окремо слід зазначити, що безморозний період на суходільних ґрунтах є довшим на 15-20 днів порівняно з торфовими ґрунтами.

Результати досліджень з встановлення необхідної кількості теплових ресурсів для проходження основних вегетативних та репродуктивних фаз розвитку в розрізі сортів сої різних груп стиглості наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Сума активних температур вище 10 °С необхідних для проходження основних вегетативних та репродуктивних фаз розвитку сої на торфових ґрунтах, середнє за 2021-2024 рр.

Назва гібриду	Тривалість вегетації, днів	Фаза розвитку	Сума активних температур > 10 °С				Середнє
			2021	2022	2023	2024	
Юнка	85	Посів-сходи (ВВСН 00-09)	129,2	113,7	133,7	100,5	119,3
		Перша пара справжніх листків – бутонізація (ВВСН 12-53)	642,7	591,8	562,3	585,1	595,5
		Бутонізація-цвітіння (ВВСН 54-65)	592,8	582,8	485,5	522,2	545,8
		Цвітіння-повна стиглість зерна (ВВСН 66-87)	931,6	968,9	1044,9	1087,8	1008,3
		Сума активних температур вище 10 °С від сходів до повної стиглості	2167,1	2143,4	2092,7	2195,1	2149,6
		Сума активних температур вище 10 °С від сівби до повної стиглості	2296,3	2257,1	2226,4	2295,6	2268,9
Астор	105	Посів-сходи (ВВСН 00-09)	129,2	113,7	133,7	100,5	116,8
		Перша пара справжніх листків – бутонізація (ВВСН 12-53)	710,9	696,5	656,5	679,4	685,8
		Бутонізація-цвітіння (ВВСН 54-65)	647,0	617,5	558,2	596,3	604,8
		Цвітіння-повна стиглість зерна (ВВСН 66-87)	948,6	918,2	1242,3	1097,4	1051,6
		Сума активних температур вище 10 °С від сходів до повної стиглості	2306,5	2232,1	2457,0	2373,1	2342,2
		Сума активних температур вище 10 °С від сівби до повної стиглості	2435,7	2345,8	2590,7	2473,6	2461,5
Нептун	115	Посів-сходи (ВВСН 00-09)	119,2	113,7	133,7	100,5	116,8
		Перша пара справжніх листків – бутонізація (ВВСН 12-53)	710,9	770,8	673,4	821,7	744,2
		Бутонізація-цвітіння (ВВСН 54-65)	850,6	763,7	754,0	685,5	763,5
		Цвітіння-повна стиглість зерна (ВВСН 66-87)	800,2	820,0	1211,1	1224,4	1013,9
		Сума активних температур вище 10 °С від сходів до повної стиглості	2361,7	2354,5	2638,5	2731,6	2521,6
		Сума активних температур вище 10 °С від сівби до повної стиглості	2490,9	2468,2	2772,2	2832,1	2640,9

Як показали проведені розрахунки по ультра ранньому сорту Юнка з моменту посіву і до появи сходів необхідна сума активних температур по роках досліджень коливалась у межах – 100,5-133,7 °С, для проходження фаз перша пара справжніх листків-бутонізація – 585,1-642,7 °С, бутонізація-цвітіння – 485,5-592,8, для

проходження фаз цвітіння-повна стиглість зерна – 931,9-1087,8 °С. В цілому необхідна сума активних температур вище 10 °С від сходів до повної стиглості зерна варіювала у межах – 2092,7-2195,1 °С та від сівби і до повної стиглості зерна – 2226,4-2296,3 °С.

По ранньостиглому сорту Астор з моменту посіву і до появи сходів необхідна сума активних температур по роках досліджень коливалась у межах – 100,5-133,7 °С, для проходження фази перша пара справжніх листків-бутонізація – 656,5-710,9 °С, бутонізація-цвітіння – 558,2-647,0 °С, для проходження фаз цвітіння-повна стиглість зерна – 918,2-1242,6 °С. В цілому необхідна сума активних температур вище 10 °С від сходів до повної стиглості зерна варіювала у межах 2232,1–2457,0 °С та від сівби до повної стиглості зерна – 2345,8–2590,7 °С.

По середньо ранньостиглому сорту Нептун з моменту посіву і до появи сходів необхідна сума активних температур по роках досліджень коливалась у межах – 100,5-133,7 °С, для проходження фази перша пара справжніх листків-бутонізація – 673,4-821,7 °С, бутонізація-цвітіння – 685,5-850,6 °С, для проходження фаз цвітіння-повна стиглість зерна – 800,0-1224,4 °С. В цілому необхідна сума активних температур вище 10 °С від сходів до повної стиглості зерна варіювала у межах 2354,3–2731,6 °С та від сівби до повної стиглості зерна – 2468,2–2832,1 °С.

В цілому ріст і розвиток сої залежав від гідротермічних умов конкретного року (рис. 2-3).

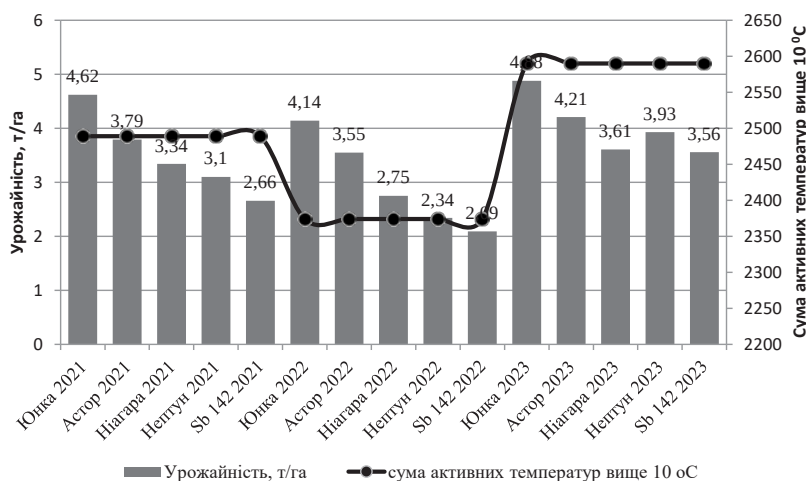


Рис. 2. Динаміка урожайності сортів сої по роках досліджень на дерново-підзолистих ґрунтах, в умовах різної кількості теплових ресурсів за внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$

Як показали проведені дослідження, на дерново-підзолистих ґрунтах урожайність сої сорту Юнка протягом 2021-2023 рр. була в межах – 4,14-4,88 т/га, по сорту Астор – 3,55-4,21 т/га, по сорту Ніагара – 2,75-3,61 т/га, по сорту Нептун – 2,34-3,93 т/га та по сорту Sb₁₄₂ – 2,09-3,56 т/га.

На торфових ґрунтах урожайність сої сорту Юнка протягом 2021-2023 рр. була в межах – 2,33-2,90 т/га, по сорту Астор – 2,11-2,62 т/га, по сорту Ніагара – 2,05-2,58 т/га, по сорту Нептун – 1,72-2,2 т/га та по сорту Sb₁₄₂ – 1,44-2,08 т/га.

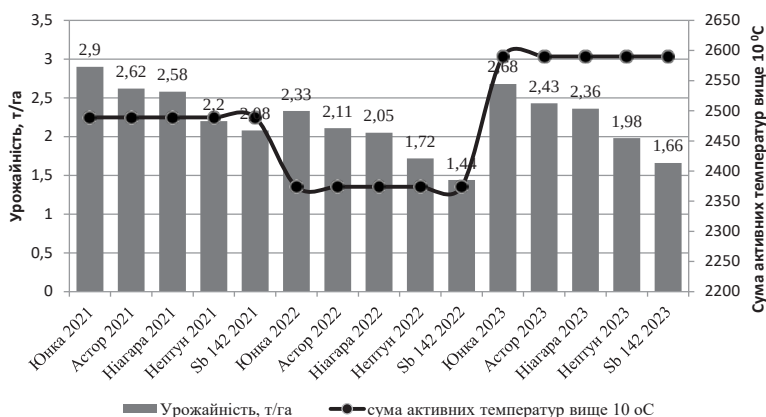


Рис. 3. Урожайність сортів сої по роках досліджень на торфових ґрунтах, в умовах різної кількості теплових ресурсів, за внесення $N_{30}P_{60}K_{90}$

В цілому, аналіз показників урожайності сої різної групи стиглості протягом 2021-2023 рр. показує суттєвий вплив теплозабезпеченості вегетаційного періоду на її показники. Зокрема, по усіх досліджуваних сортах сої, найвищу урожайність, як на дерново-підзолистому, так і торфовому ґрунті, було одержано у 2023 році, коли сума активних температур вище 10 °C була найвищою, а найнижчою була у 2022 році.

Найбільш істотне зниження урожайності у 2022 році (рік з найнижчою теплозабезпеченістю) відмічено на торфових ґрунтах. Також встановлено, що в роки з низькою теплозабезпеченістю вегетаційного періоду (2021-2022 рр.) як на дерново-підзолистих, так і на торфових ґрунтах найвищу врожайність одержано по найбільш ранньостиглому сорту Юнка. Одержані результати вказують на суттєвий вплив в зоні Західного Полісся теплозабезпеченості конкретного року на урожайність сої, а також на важливість правильного підбору групи стиглості сорту.

Спираючись на отримані результати експериментальних досліджень можна стверджувати, що для вирощування на торфових ґрунтах в зоні Західного Полісся слід обирати найбільш ранньостиглі сорти сої з тривалістю вегетаційного періоду до 85 днів, що забезпечить реалізацію потенціалу їхньої продуктивності навіть за умов мінімальної кількості теплових ресурсів.

Однією з важливих статей витрат при вирощуванні сої є сушіння урожаю до базових показників, що в сучасних умовах істотного здорожчання енергоносіїв є доволі дорогавартісним.

Передзбиральна вологість зерна сої на момент збору урожаю в розрізі досліджуваних сортів на дерново-підзолистих ґрунтах наведена в табл. 2.

Дані таблиці 2 показують, що на дерново-підзолистих ґрунтах післязбиральна вологість зерна по сорту Юнка за період 2021-2024 рр. знаходилась в межах – 12,4-14,1 %, по сорту Астор – 12,9-14,4 %, по сорту Ніагара – 13,3-14,7 %, по сорту Нептун – 13,6-15,5 % та сорту Sb₁₄₇ – 14,6-16,9 %. На торфових ґрунтах післязбиральна вологість зерна по сорту Юнка за період 2021-2023 рр. знаходилась в межах – 14,2-15,5 %, по сорту Астор – 15,1-15,8 %, по сорту Ніагара – 15,3-16,2 %, по сорту Нептун – 15,5-17,1 % та сорту Sb₁₄₇ – 16,3-18,6 %. Передзбиральна вологість зерна була вищою за усі сорти сої на торфових ґрунтах порівняно з торфовими ґрунтами.

В цілому передзбиральна вологість зерна сої була нижчою у ранньостиглих сортах і вищою у більш пізньостиглих сортах.

Таблиця 2

**Передзбиральна вологість зерна сої на момент збору урожаю
в розрізі досліджуваних сортів на дерново-підзолистих ґрунтах**

Гібрид	Передзбиральна вологість зерна по роках досліджень, %		
	2021	2022	2023
Дерново-підзолисті ґрунти			
Юнка	13,2	14,1	12,9
Астор	13,9	14,4	13,7
Ніагара	14,2	14,7	13,9
Нептун	14,9	15,5	14,1
Sb ₁₄₂	15,5	16,9	14,8
Торфові ґрунти			
Юнка	14,5	15,5	14,2
Астор	15,3	15,8	15,1
Ніагара	15,6	16,2	15,3
Нептун	16,4	17,1	15,5
Sb ₁₄₂	17,1	18,6	16,3

Висновки і пропозиції. Аналіз даних метеопосту Сарненської дослідної станції показує, що за 2010-2024 рр. сума активних температур вище 10 °С за травень-вересень стабільно перевищує позначку у 2500 °С, а за без морозний період – 2200 °С, що дозволяє одержувати фізіологічно-стигле зерно ультра ранніх та ранньостиглих сортів сої.

Проведені дослідження показали, що на дерново-підзолистих ґрунтах урожайність сої сорту Юнка протягом 2021-2023 рр. була в межах – 4,14-4,88 т/га, по сорту Астор – 3,55-4,21 т/га, по сорту Ніагара – 2,75-3,61 т/га, по сорту Нептун – 2,34-3,93 т/га та по сорту Sb₁₄₂ – 2,09-3,56 т/га.

На торфових ґрунтах урожайність сої сорту Юнка протягом 2021-2023 рр. була в межах – 2,33-2,90 т/га, по сорту Астор – 2,11-2,62 т/га, по сорту Ніагара – 2,05-2,58 т/га, по сорту Нептун – 1,72-2,2 т/га та по сорту Sb₁₄₂ – 1,44-2,08 т/га.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Тараріко Ю.О., Зосимчук М.Д., Стецюк М.Г., Лукашук В.П., Сорока Ю.В. Перспективи вирощування сої в зоні Західного Полісся. Меліорація і водне господарство. 2022. №2. - С. 36-44. <https://doi.org/10.31073/mivg202202>.
2. Коробко А.А. Динаміка виробництва сої в Україні та світі. Збалансоване природокористування. 2021. № 4. - С. 125-134. DOI: 10.33730/2310-4678.4.2021.253098.
3. Петриченко В.Ф., Лихочвор В.В. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур: підручник. – 5-те вид., виправлене, доповнене. – Львів.: НВФ: Українські технології, 2020. – 806 с.
4. Петриченко В.Ф., Лихочвор В.В. та ін.. Соя – культура унікальних можливостей. - К.: Юнівест Медіа, 2016. - 224 с.
5. Полісся Журнал The Ukrainian Farmer, 10 (142) жовтень 2021. – С. 76-78.
6. Тараріко Ю.О., Зосимчук М.Д., Стецюк М.Г., Зосимчук О.А., Сорока Ю.В. Перспективи вирощування сої в зоні Західного Полісся. Меліорація і водне господарство. 2022. № 2. - С. 36-42. <https://doi.org/10.31073/mivg202202>.
7. Ратошнюк В.І., Савчук О.І., Ратошнюк В.В. Особливості формування продуктивності сої на дерново-підзолистому ґрунті в лізіметричних дослідженнях. Вісник аграрної науки, 2023. № 7.- С. 5–13. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202307-01>.
8. Тараріко Ю.О., Писаренко П.В., Зосимчук М.Д., Сайдак Р.В., Сорока Ю.В., Леявська Л.В. Культури лісостепової зони на осушуваних ґрунтах Західного Полісся. Вісник аграрної науки, 2025. №4. - С. 15-24. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202504-02>.

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 635.132; 631.847.2

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.3.9>

МІКРОБНІ ПРЕПАРАТИ В ОПТИМІЗАЦІЇ ЖИВЛЕННЯ МОРКВИ

Семененко С.В. – доктор філософії,
старший науковий співробітник лабораторії агрохімічних досліджень
та якості продукції,

Інститут овочівництва і баштанництва
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-6606-1151

Куц О.В. – д.с.-г.н.,
доцент кафедри рослинництва,
Державний біотехнологічний університет
orcid.org/0000-0003-2053-8142

Семененко І.І. – к.с.-г.н., старший дослідник,
науковий співробітник,
Інженерно-технологічний інститут «Біотехніка»
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-6485-0077

Рожков А.О. – д.с.-г.н., професор,
старший науковий співробітник
лабораторії агрохімічних досліджень та якості продукції,
Інститут овочівництва і баштанництва
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0001-9138-7973

Коверя Р.А. – здобувач лабораторії агрохімічних досліджень
та якості продукції,
Інститут овочівництва і баштанництва
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0009-0005-8628-8993

У статті представлено результати досліджень, спрямованих на оцінювання ефективності різних систем оптимізації живлення рослин моркви в органічній технології вирощування в умовах Лісостепу України. Дослідження виконувалися у 2024-2025 роках на базі Інституту овочівництва і баштанництва НААН України. Вирощування моркви сорту Нантська харківська здійснювали в овоче-кормовій сівоzmіні із застосуванням краплинкового зрошення. Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем типовий малогумусний важкосуглинковий на лесових породах. Встановлено, що системи оптимізації живлення суттєво впливають на ріст, урожайність і якісні характеристики культури в умовах Лісостепу України. Використання як мінеральних, так і біологічних препаратів забезпечує значне зростання загальної та товарної врожайності порівняно з контролем – на 24,1–56,6 %. Застосування систем живлення із використанням мікробних препаратів і біодобрив сприяє формуванню високого рівня продуктивності моркви та за ефективністю не поступається внесенню $N_{30}P_{30}K_{30}$, що підтверджує доцільність їх впровадження в органічній технології вирощування. Найбільш результативною виявилася система, що передбачає внесення препарату Граундфікс (5 л/га) під час передпосівної культивування, проведення фертигації препаратами Азотохелп (1 л/га) і Органік Баланс (1,5 л/га), а також дворазове позакореневе підживлення добривом HelpRost овочевий (по 2 л/га), яка забезпечила



© Семененко С.В., Куц О.В., Семененко І.І., Рожков А.О., Коверя Р.А., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

максимальні показники врожайності культури. Для одержання продукції з підвищеним вмістом біохімічних компонентів доцільно застосовувати обробку насіння препаратом Мікофренд у поєднанні з підживленнями біодобривом Гуміфренд, що забезпечує тенденцію до зростання вмісту в коренеплодах сухої речовини (12,04 %), загального цукру (8,37 %) і вітаміну С (6,1 мг/100 г), а також суттєве підвищення вмісту каротину (22,18 мг/кг). Отримані результати підтверджують перспективність застосування комплексних біологічних систем оптимізації живлення як екологічно безпечної та ефективної альтернативи традиційному мінеральному удобренню при вирощуванні моркви.

Ключові слова: овочеві рослини, мікробні препарати, гумінові добрива, товарність, урожайність.

Semenenko S.V., Kuts O.V., Semenenko I.I., Rozhkov A.O., Koveria R.A. Microbial preparations in the optimization of carrot nutrition

The article presents the results of research aimed at evaluating the effectiveness of various plant nutrition optimization systems for carrot cultivation under organic production conditions in the Forest-Steppe zone of Ukraine. The studies were conducted in 2024–2025 at the Institute of Vegetable and Melon Growing of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine. Carrot of the 'Nantska Kharkivska' variety was grown in a vegetable–forage crop rotation system using drip irrigation. The soil of the experimental site was typical low-humus heavy loamy chernozem formed on loess parent material. It was established that nutrition optimization systems significantly affect plant growth, yield, and quality characteristics of carrots under the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine. The application of both mineral and biological products ensured a substantial increase in total and marketable yield compared to the control by 24.1–56.6%. The use of nutrition systems involving microbial preparations and biofertilizers contributed to the formation of high productivity of carrots and, in terms of efficiency, was not inferior to the application of $N_{30}P_{30}K_{30}$, which confirms the feasibility of their implementation in organic cultivation technologies. The most effective system included the application of Groundfix (5 L/ha) during pre-sowing cultivation, fertigation with Azotohelp (1 L/ha) and Organic Balance (1.5 L/ha), as well as two foliar applications of the fertilizer HelpRost (vegetable formulation) at a rate of 2 L/ha each, which ensured the highest yield performance of the crop. To obtain products with an increased content of biochemical components, it is advisable to apply seed treatment with Mycofriend in combination with fertilization using the biofertilizer Humifriend, which provides a positive trend in increasing the content of dry matter (12.04%), total sugars (8.37%), and vitamin C (6.1 mg/100 g) in root crops, as well as a significant increase in carotene content (22.18 mg/kg).

The obtained results confirm the promising potential of using complex biological nutrition optimization systems as an environmentally safe and effective alternative to conventional mineral fertilization in carrot cultivation.

Key words: vegetable plants, microbial preparations, humic fertilizers, marketability, yield.

Актуальність теми дослідження. За вирощування овочевої продукції в умовах органічного виробництва основним джерелом поліпшення поживного режиму ґрунту є застосування органічних добрив. З різким скороченням тваринництва в Україні постає питання пошуку інших джерел щодо оптимізації живлення рослин за таких технологічних підходів. Дієвою альтернативою є використання сидеральних добрив, але їх широке використання в умовах Лісостепу України обмежується кліматичними умовами, що пов'язане з формуванням певних негативних за рівнем зволоження умов на момент висіву та появи сходів основних видів сидеральних рослин.

Одним з шляхів вирішення даної проблеми є використання мікробних препаратів різної функціональної дії, що забезпечують активацію таких процесів як асоціативна азотфіксація, фосфор- та каліймобілізація, деструкція рослинних залишків, стимуляція ростових процесів тощо [1].

Постановка проблеми. Морква (*Daucus carota* L.) є однією з провідних овочевих культур світового значення, яка характеризується високими вимогами до забезпеченості поживними елементами та чутливістю до порушення поживного режиму ґрунту [2, 3].

В умовах інтенсифікації овочівництва та необхідності зниження екологічного навантаження на агроєкосистеми все більшого значення набуває використання біопрепаратів як складової системи живлення рослин. Традиційні системи удобрення, засновані переважно на мінеральних добривах, часто супроводжуються низькою ефективністю використання поживних речовин і негативним впливом на ґрунтову біоту та довкілля [4].

Ґрунтові мікробні спільноти, що включають різноманітні види, які необхідні для нормального функціонування екосистеми, є рушійною силою біогеохімічного циклу. Ризосфера, що оточує коріння рослин, є центром мікробного різноманіття та містить велику кількість мікроорганізмів, чисельність яких в рази перевищує кількість мікрофлори в інших частинах ґрунту. В таких екосистемах ризобактерії, які стимулюють ріст рослин, відіграють ключову роль у здоров'ї ґрунту, визначають рівень його родючості та сталість виробництва сільськогосподарських культур [5]. Штами ризобактерій посилюють ріст та врожайність рослин за допомогою різноманітних прямих механізмів, включаючи виробництво фітогормонів, фіксацію азоту, підвищення рухомості ґрунтових фосфатів та сполук калію, а також непрямыми шляхами, такими як гіперпаразитизм, антибіоз та генерація каталітичних ферментів [6, 7]. В багатьох дослідженнях, які проведені в різних ґрунтово-кліматичних зонах, застосування мікробних інокулянтів істотно підвищує врожайність сільськогосподарських культур на 12-20%, що підкреслює їхній потенціал як сталої сільськогосподарської стратегії [8, 9].

Фосфорсолюбілізуючі бактерії також визначені як доволі важливий фактор підвищення продуктивності різних сільськогосподарських рослин [10, 11]. Переважно ізольовані від ризосфери, такі мікроорганізми є метаболічно активними та здатні трансформувати нерозчинний фосфор у біодоступні форми [12]. Механізм солюбілізації включає секрецію органічних кислот, таких як яблучна, молочна, оцтова, лимонна та бурштинова, поряд з ферментами, такими як фітаза та фосфатаза, та хелатування через сидерофори та позаклітинні полісахариди [13]. Також зазначено, що деякі фосфорсолюбілізуючі бактерії виробляють регулятори росту рослин, включаючи індолоцтову кислоту та гіберелін, які істотно впливають на формування вегетативного маси рослин [14].

Важливим також є використання біопрепаратів з асоціативними азотфіксуючими бактеріями. Але їх застосування не завжди показує високу ефективність через низьку сумісність з рослинами-господарями та слабку конкурентоспроможність в порівнянні з місцевими бактеріями ризосфери [9].

Незважаючи на значні досягнення в дослідженнях ризосферних мікроорганізмів, непропорційно велика увага приділяється зерновим та зернобобовим культурам, тоді як коренеплодам, таким як морква, приділяється порівняно менше уваги. Морква також позитивно реагує на інокулянти мікоризними грибами, які покращують її морфологічні та біохімічні характеристики [15]. Однак вплив мікробних препаратів з іншими корисними мікроорганізмами на урожайність та якість продукції моркви залишається недостатньо вивченим. З іншого боку, хоча корисні мікроорганізми певним чином присутні в ґрунті, їхні популяції часто недостатні, щоб конкурувати з іншими бактеріями в ризосфері. Враховуючи, що успішна колонізація ризосфери є необхідною умовою для позитивного впливу мікроорганізмів на рослини, інокуляція такими мікробними препаратами є критично важливим кроком для збільшення їхньої кількості в ґрунті, тим самим оптимізуючи їхні сільськогосподарські переваги.

Ряд досліджень вказують також на той факт, що формуляції з різноманітними штамами різної функціональної дії зумовлюють більшу ефективність

щодо покращення якісних параметрів ґрунту та збільшення врожайності порівняно з одноштабовими мікробними препаратами з обмеженими функціями [16]. Сучасні дослідження свідчать, що застосування біопрепаратів, які містять азотфіксуєчі, фосфат- і каліймобілізуєчі мікроорганізми, сприяє підвищенню доступності елементів живлення, активізації ґрунтових мікробіологічних процесів і покращенню фізико-хімічних властивостей ґрунту. Зокрема, встановлено, що використання комплексних мікробних консорціумів здатне підвищувати вміст доступного азоту, фосфору та калію в ґрунті на 23,7–72,4 %, що супроводжується істотним покращенням ростових показників рослин моркви та збільшенням урожайності до 12,5 % [4]. Крім того, біопрепарати позитивно впливають на формування ризосферної мікрофлори, стимулюючи розвиток корисних мікроорганізмів і підвищуючи біологічну активність ґрунту [17].

Результати інших досліджень також підтверджують ефективність біологічних добрив у технології вирощування моркви, зокрема їх здатність прискорювати проходження фенологічних фаз, збільшувати біомасу рослин і підвищувати врожайність та товарність продукції до 36–43 % порівняно з контролем. У системах органічного та інтегрованого землеробства біопрепарати розглядаються як ключовий елемент оптимізації живлення, що забезпечує підвищення продуктивності культури при зниженні використання мінеральних добрив [18]. Таким чином, дослідження ефективності застосування біопрепаратів у живленні рослин моркви є актуальним напрямом сучасної агрохімії та овочівництва.

Отже, метою дослідження є визначення ефективності застосування різних систем живлення моркви за органічного вирощування в умовах Лісостепу України.

Методика досліджень. Експериментальні дослідження проводили у 2024–2025 рр. на базі Інституту овочівництва і баштанництва НААН України з дотриманням загальноприйнятих методичних підходів [19]. Об'єктом досліджень виступала морква сорту Нантська харківська, яку вирощували в умовах овоче-кормової сівоzmіни із застосуванням краплинного зрошення за густоти стояння рослин 850 тис. шт./га.

Ґрунт експериментальної ділянки представлений чорноземом типовим малогумусним важкосуглинковим на лесових породах, орний шар якого характеризується наступними показниками: рН сольової витяжки – 5,7; сума ввібраних основ – 26,0 мг-екв на 100г ґрунту; вміст гумусу – 4,3 %, вміст нітрогену, що гідролізується, – 126 мг/кг; рухомого фосфору – 185 мг/кг і обмінного калію – 147 мг/кг ґрунту.

Схема досліду включала чотири варіанти різних систем оптимізації живлення рослин: контроль (без обробок); варіант із локальним внесенням мінеральних добрив у нормі $N_{30}P_{30}K_{30}$ (як еталон інтенсивної технології); варіант із застосуванням комплексу мікробних препаратів (внесення препарату Граундфікс у нормі 5 л/га під передпосівну культивуацію, проведення першої фертигації препаратом Азотохелп у нормі 1 л/га, другої – препаратом Органік баланс у нормі 1,5 л/га, а також дворазове позакореневе підживлення добривом HelpRost овочевий у нормі 2 л/га у фазі 3–4 справжніх листків та через 25 діб); варіант із передпосівною обробкою насіння препаратом Мікофренд (1 л/т), проведенням фертигації препаратом Гуміфренд (2 л/га) та дворазовим позакореневим підживленням Гуміфрендом у нормі 1,5 л/га.

Застосовані у дослідженнях препарати характеризуються комплексною дією. Так, *Граундфікс* є ґрунтовим біодобривом, що містить фосфор- і каліймобілізуювальні, а також азотфіксувальні мікроорганізми (зокрема *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium*, *Azotobacter chroococcum*, *Paenibacillus polymyxa*), які підвищують біологічну активність ґрунту та пригнічують розвиток фітопатогенів.

Азотохелп – мікробний препарат на основі *Azotobacter chroococcum*, що сприяє фіксації атмосферного азоту, активізації ростових процесів і підвищенню стійкості рослин до стресових факторів. Органік баланс містить комплекс корисних мікроорганізмів і біологічно активних сполук (фітогормони, амінокислоти, вітаміни), що забезпечують інтенсифікацію росту та оптимізацію живлення рослин.

Мікофренд є мікоризоутворювальним препаратом, до складу якого входять гриби роду *Glomus* і *Trichoderma harzianum*, а також супутні ризосферні мікроорганізми, які сприяють формуванню мікоризи, покращенню засвоєння елементів живлення та підвищенню стійкості рослин.

Гуміфренд – гумінове добриво на основі солей гумінових і фульвокислот, збагачене мікроорганізмами та їх метаболітами, що забезпечує стимуляцію ростових процесів і покращення живлення рослин.

Добриво *HelpRost овочевий* містить комплекс макро- і мікроелементів у доступній формі, амінокислоти, вітаміни та біологічно активні речовини, що сприяють підвищенню інтенсивності засвоєння поживних елементів, проявляють пролонговану дію та підвищують адаптивність рослин до абіотичних стресів.

В досліді проведено поділянкове визначення рівня урожайності моркви з встановленням товарності, а також досліджено зміни основних біохімічних показників якості коренеплодів: вміст сухої речовини [20], загального цукру [21] аскорбінової кислоти [22] та каротину [23]. Статистичну обробку результатів виконували за допомогою дисперсійного аналізу [24].

Результати досліджень. Встановлено, що як використання мінеральних добрив, так і застосування мікробних препаратів різної функціональної дії зумовлює істотне підвищення урожайності моркви (табл. 1). Без застосування добрив загальна урожайність моркви становила 21,1 т/га, товарна – 15,0 т/га за рівня товарності 72,2 %. Внесення мінеральних добрив локально в дозі $N_{30}P_{30}K_{30}$ (даний варіант виступав еталонем в дослідженні) сприяло істотному підвищенню загальної урожайності культури на 6,1 т/га або 28,9 % відносно контролю. Рівень товарної урожайності зростав на 7,2 т/га або 48,0 %, що пов'язане зі зростання товарності продукції до рівня 82,6 %.

Таблиця 1

**Вплив різних систем оптимізації живлення на урожайність моркви
(середнє за 2024-2025 рр.)**

Система оптимізації живлення	Загальна урожайність		Товарна урожайність		Товарність, %
	т/га	приріст	т/га	приріст	
1. Контроль	21,1	-	15,0	-	72,2
2. $N_{30}P_{30}K_{30}$ (еталон)	27,1	6,1	22,3	7,2	82,6
3. Граундфікс + Азотохелп + Органік баланс + HelpRost овочевий	28,8	7,7	23,6	8,5	82,0
4. Мікофренд + Гуміфренд	26,2	5,1	21,3	6,2	81,8
НП _{0,95} 2024 р.	2,34		2,02		
2025 р.	2,56		2,23		

Система оптимізації живлення з використання комплексу мікробних препаратів (Граундфікс + Азотифіт + Органік Баланс + HelpRost овочевий) зумовлювало отримання максимального рівня загальної та товарної урожайності моркви. При цьому прирости загальної урожайності становили 7,7 т/га або 36,5 %, товарної

урожайності – 8,5 т/га або 56,7 % за рівня товарності 82,0 %. Система комплексного внесення Мікофренд та Гуміфренд (мікоризоформуючого та гумінового препаратів) забезпечила загальну урожайність 26,2 т/га з приростом до контролю на рівні 5,1 т/га, товарну урожайність 21,3 т/га з приростом до контролю на рівні 6,2 т/га за товарності 81,8 %.

Визначено вплив різних систем оптимізації живлення моркви на зміни основних показників якості продукції, а саме: вміст сухої речовини та цукру, вміст вітаміну С та каротину, які мають важливе значення для аналізу харчової цінності овочевої продукції (табл. 2).

Таблиця 2

**Вплив різних систем оптимізації на моркви на біохімічний склад
(середнє 2024-2025 рр.)**

Система оптимізації живлення	Вміст в коренеплодах, %			
	суха речовина	загальний цукор	вітамін С, мг/100 г	каротин мг/100 г
1. Контроль	11,28	8,11	5,95	18,19
2. N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ (еталон)	12,01	8,44	6,60	20,41
3. Граундфікс + Азотохелп + Органік баланс + HelpRost овочевий	11,39	7,93	5,45	20,83
4. Мікофренд + Гуміфренд	12,04	8,37	6,10	22,18
НІР _{0,95} 2024 р.	1,14	0,76	0,55	1,92
2025 р.	1,03	0,82	0,59	2,01

Максимальний позитивний вплив на біохімічний склад коренеплодів забезпечує використання мінеральних добрив та система внесення препаратів Мікофренд та Гуміфренд. За таких способів оптимізації живлення рослин зазначається позитивна тенденція щодо зростання вмісту сухої речовини до рівня 12,01-12,04 % та загального цукру – до рівня 8,37-8,44%, а також істотне підвищення в коренеплодах вмісту вітаміну С (6,10-6,60 мг/100 г) та каротину (20,21-22,18 мг/100 г). При цьому мінеральні добрива забезпечують більший вплив на вміст вітаміну С, тоді як застосування біопрепаратів – на вміст каротину.

Застосування комплексу мікробних препаратів (Граундфікс + Азотофіт + Органік Баланс + HelpRost овочевий) відмічається тільки істотне підвищення в коренеплодах вмісту каротину до рівня 20,83 мг/кг. На нашу думку, за використання такої системи оптимізації живлення зазначається істотне зростання урожайності культури проходить на фоні відсутності змін в інтенсивності синтезу біохімічних компонентів, що призводить до зниження їх концентрації в коренеплодах.

Отже, в умовах органічного овочівництва для отримання високого врожаю коренеплодів моркви з підвищеним вмістом каротину можна використовувати комплексну систему застосування біопрепаратів: внесення до ґрунту Граундфікс 5 л/га, в першу фертигацію – Азотохелп 1 л/га, в другу – Органік баланс 1,5 л/га, дворазове позакореневе підживлення HelpRost овочевий по 2 л/га в два строки. Якщо потрібно отримати продукцію з підвищеним вмістом цукрів та сухої речовини, то для оптимізації живлення рослин моркви слід використовувати обробку насіння препаратом Мікофренд та підживлення біодобривом Гуміфренд.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Установлено, що системи оптимізації живлення істотно впливають на ріст, урожайність і якісні показники моркви в умовах Лісостепу України. Застосування як мінеральних, так

і біологічних препаратів забезпечує істотне підвищення загальної та товарної урожайності порівняно з контролем на 24,1-56,6 %.

Системи оптимізації живлення з використанням мікробних препаратів і біодобрив сприяють формуванню високих показників продуктивності моркви та за ефективністю не поступаються внесенню $N_{30}P_{30}K_{30}$, що підтверджує доцільність їх застосування в органічних технологіях вирощування.

Найбільш ефективною виявилася система оптимізації живлення, що включає внесення препарату Граундфікс (5 л/га) під час передпосівної культивції, фертигації препаратами Азотохелп (1 л/га) та Органік Баланс (1,5 л/га), а також дворазове позакореневе підживлення добривом HelpRost овочевий (по 2 л/га), яка забезпечила максимальні показники урожайності культури. Для отримання продукції з високим вмістом біохімічних компонентів слід використовувати обробку насіння препаратом Мікофренд у поєднанні з підживленнями біодобривом Гуміфренд, що забезпечує позитивну тенденцію зростання вмісту в коренеплодах сухої речовини (12,04 %), загального цукру (8,37 %) та вітаміну С (6,1 мг/100 г), суттєве підвищення вмісту каротину (22,18 мг/кг).

Отримані результати свідчать про перспективність використання комплексних біологічних систем оптимізації живлення як екологічно безпечної та ефективної альтернативи традиційному мінеральному удобренню за вирощування моркви.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Chernenko, D., Shapko, M., Molchanov, Y., Kuts, O., Bolokhovskiy, V. Effectiveness of using biopreparations with associative nitrogen-fixing microorganisms in vegetable growing. *Vegetable and Melon Growing*. 2025. (77). P. 82-92. <https://doi.org/10.32717/0131-0062-2025-77-82-92>
2. Riaz N. et al. Development of Carrot Nutraceutical Products as an Alternative Supplement for the Prevention of Nutritional Diseases. *Front Nutr*. 2022. Jan 3. 8. 787351. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.787351>.
3. Yi X. et al. Carrot and carotene and multiple health outcomes: An umbrella review of the evidence. *J. Sci. Food Agric*. 2023. 1032251–2261. <https://doi.org/10.1002/jsfa.12425>
4. Zhu L. et al. Enhancing carrot (*Daucus carota* var. sativa Hoffm.) plant productivity with combined rhizosphere microbial consortium. *Front. Microbiol*. 2024. 15. 1466300. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1466300>
5. Sangoquiza-Caiza C.A., Pincay-Verdezoto A.K., Park C.H., Zambrano-Mendoza J.L. Diversity of nitrogen-fixing and phosphorus-solubilizing bacteria associated with the rhizosphere of Andean maize in Ecuador. *Braz. J. Biol*. 2023. 83. e273632. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.273632>
6. Basu A. et al. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) as green bioinoculants: Recent developments, constraints, and prospects. *Sustainability*. 2021. 13. 1140. <https://doi.org/10.3390/su13031140>
7. Fiodor A., Ajijah N., Dziewit L., Pranaw K. Biopriming of seed with plant growth-promoting bacteria for improved germination and seedling growth. *Front. Microbiol*. 2023. 14. 1142966. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1142966>
8. Grover M. et al. PGPR mediated alterations in root traits: Way toward sustainable crop production. *Front. Sustainable Food Syst*. 2021. 4. 618230. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.618230>
9. Shi Z. et al. Screening of high-efficiency nitrogen-fixing bacteria from the traditional Chinese medicine plant *Astragalus mongolicus* and its effect on plant growth promotion and bacterial communities in the rhizosphere. *BMC Microbiol*. 2023. 23. 292. <https://doi.org/10.1186/s12866-023-03026-1>

10. Kumar M. et al. Plant-growth-promoting rhizobacteria emerging as an effective bioinoculant to improve the growth, production, and stress tolerance of vegetable crops. *Int. J. Mol. Sci.* 2021. 22. 12245. <https://doi.org/10.3390/ijms222212245>
11. Shultana R. et al. The PGPR mechanisms of salt stress adaptation and plant growth promotion. *Agronomy*. 2022. 12. 2266. <https://doi.org/10.3390/agronomy12102266>
12. Wang S. et al. Transcriptome profiling analysis of phosphate-solubilizing mechanism of *Pseudomonas* Strain W134. *Microorganisms*. 2022. <https://doi.org/10.1998/10.3390/microorganisms10101998>
13. Liang J. et al. Novel phosphate-solubilizing bacteria enhance soil phosphorus cycling following ecological restoration of land degraded by mining. *Isme J.* 2020. 141600–1613. <https://doi.org/10.1038/s41396-020-0632-4>
14. Azaroual S.E. et al. Role of inorganic phosphate solubilizing bacilli isolated from moroccan phosphate rock mine and rhizosphere soils in wheat (*Triticum aestivum* L) phosphorus uptake. *Curr. Microbiol.* 2020. 772391–2404. <https://doi.org/10.1007/s00284-020-02046-8>
15. Yadav K. et al. Traversing arbuscular mycorrhizal fungi and *Pseudomonas fluorescens* for carrot production under salinity. *Saudi J. Biol. Sci.* 2021. 284217–4223. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.06.025>
16. Beneduzi A., Ambrosini A., Passaglia L. M. P. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): Their potential as antagonists and biocontrol agents. *Genet. Mol. Biol.* 2012. 351044–1051. <https://doi.org/10.1590/s1415-47572012000600020>
17. Poku Snr P.A., Sarkodie-Addo J., Logah V., Kyere C.G. Effect of Different Soil Amendments and Variety on the Growth and Yield of Carrot (*Daucus Carota* L.)". *International Journal of Plant & Soil Science*. 2020. 32 (10). P.16–25. <https://doi.org/10.9734/ijpss/2020/v32i1030335>.
18. Semenenko S.V., Koveria R.A. Effectiveness of organic technology elements in carrot cultivation in the Forest-steppe of Ukraine. *Vegetable and Melon Growing*. 2025. 78. P. 63-71. <https://doi.org/10.32717/0131-0062-2025-78-63-71>
19. Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві / За редакцією Г. Л. Бондаренка, К. І. Яковенка. Х.: Основа, 2001. 369 с.
20. ДСТУ 7804:2015. Продукти перероблення фруктів та овочів. Методи визначення сухих речовин або вологи. [Чинний від 2015-06-22]. К.: Держспоживстандарт України, 2015. 19 с.
21. ДСТУ 4954:2008. Фрукти, овочі та продукти їх переробки. Методи визначення цукрів. [Чинний від 2009-01-01]. К.: Держспоживстандарт України. 2008. 18 с.
22. ДСТУ 7803:2015. Продукти перероблення фруктів та овочів. Методи визначення вітаміну С. [Чинний від 2016-04-01]. К.: Держспоживстандарт України. 2015. 24 с.
23. ДСТУ 4305:2004 Фрукти, овочі та продукти їх перероблення. Метод визначення вмісту каротину. [Чинний від 2005-07-01]. К.: Держспоживстандарт України. 2004. 22 с.
24. Дослідна справа в агрономії: навч. посібник: у 2 кн. Кн. 2. Статистична обробка результатів агрономічних досліджень / А.О. Рожков, В.К. Пузік, С.М. Каленська та ін. Харків: Майдан, 2016. 314 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 631.43:631.84

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.3.10>

ВПЛИВ СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ НА РОЗПОДІЛ КОЛОЇДНИХ ЧАСТИНОК ГУМІНОВИХ КИСЛОТ ОРГАНІЧНОЇ РЕЧОВИНИ ДЕРНОВО-ПІДЗОЛИСТОГО ҐРУНТУ

Скрильник Є.В. – доктор сільськогосподарських наук, професор,
завідувач лабораторії органічних добрив і гумусу,
Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства
та агрохімії імені О. Н. Соколовського»
orcid.org/0000-0002-8642-8547

Попірний М.А. – кандидат біологічних наук,
науковий співробітник лабораторії органічних добрив і гумусу,
Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства
та агрохімії імені О. Н. Соколовського»
orcid.org/0009-0002-0651-9324

Криlach С.І. – кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник,
старший науковий співробітник лабораторії органічних добрив і гумусу,
Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії
імені О. Н. Соколовського»
orcid.org/0000-0002-3347-6561

Кутова А.М. – кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник,
старший науковий співробітник лабораторії органічних добрив і гумусу,
Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії
імені О. Н. Соколовського»
orcid.org/0000-0003-2680-566X

У роботі досліджено вплив систем удобрення на розподіл нано- та субмікронних колоїдних частинок розчинів гумінових кислот органічної речовини дерново-підзолистого ґрунту, екстрагованих методом Тюріна у модифікації Пономарьової та Плотникової, визначених методом динамічного розсіювання світла. Встановлено їх взаємозв'язок зі стадіями гідрофобної гуміфікації органічної речовини ґрунту. Внесення органічних добрив сприяє активізації процесів новоутворення гумусу внаслідок інтенсивної біотрансформації свіжої органічної речовини, що супроводжується підвищенням полідисперсності та збільшенням частки дрібнодисперсних наноагрегатів гумінових кислот. Встановлено, що застосування орґано-мінеральної системи удобрення сприяє підвищенню дисперсності та рухомості гумусової системи ґрунту, що проявляється у збільшенні вмісту популяції нано-частинок гумінових кислот із розмірами близько 20 нм. Такий розподіл частинок свідчить про закріплення процесів гуміфікації на початковій стадії активного новоутворення гумусових речовин. Натомість застосування органічного добрива у поєднанні із сидеральною культурою знижує дисперсність новоутвореного гумусу та зумовлює зміщення розподілу нано- і субмікронних частинок гумінових кислот у бік більших розмірів. Це може бути пов'язано зі зниженням інтенсивності мінералізації та посиленням гідрофобної агрегації, що зумовлює перехід процесів гуміфікації до зрілої стадії та підвищення стабільності новоутворених гумусових речовин. Отримані результати можуть слугувати основою для розроблення прогностичних моделей спрямованості та стадій гідрофобної гуміфікації органічної речовини ґрунту. На основі отриманих результатів запропоновано схематичну модель розподілу колоїдних частинок гумінових кислот ґрунту, що відповідає основним стадіям гуміфікації органічної речовини.

Ключові слова: система удобрення, органічна речовина ґрунту, гумінові кислоти, нано-частинки, гідрофобна гуміфікація.



© Скрильник Є.В., Попірний М.А., Криlach С.І., Кутова А.М., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Skrylnyk Ie.V., Popirny M.A., Krylach S.I., Kutova A.M. The Influence of Fertilization Systems on the Distribution of Colloidal Particles of Humic Acids in the Organic Matter of Sod-Podzolic Soil

The study investigates the influence of fertilization systems on the distribution of nano- and submicron colloidal particles in solutions of humic acids derived from the organic matter of sod-podzolic soil. The humic acids were extracted using the Tyurin method modified by Ponomareva and Plotnikova and analyzed by dynamic light scattering. Their relationship with the stages of hydrophobic humification of soil organic matter was established. The application of organic fertilizers promotes the activation of humus formation processes due to the intensive biotransformation of fresh organic matter, which is accompanied by increased polydispersity and a higher proportion of fine-dispersed nanoaggregates of humic acids. It was found that the use of an organo-mineral fertilization system enhances the dispersity and mobility of the soil humus system, manifested in an increased content of humic acid nanoparticles with sizes of about 20 nm. Such a particle size distribution indicates the stabilization of humification processes at the initial stage of active formation of humic substances. In contrast, the application of organic fertilizers in combination with a green manure crop reduces the dispersity of newly formed humus and causes a shift in the distribution of nano- and submicron humic acid particles toward larger sizes. This may be associated with a decrease in mineralization intensity and an increase in hydrophobic aggregation, leading to the transition of humification processes to a mature stage and enhancing the stability of newly formed humic substances. The obtained results can serve as a basis for developing predictive models of the direction and stages of hydrophobic humification of soil organic matter. Based on the findings, a schematic model of the distribution of humic acid colloidal particles corresponding to the main stages of organic matter humification is proposed.

Key words: fertilization system, soil organic matter, humic acids, nanoparticles, hydrophobic humification.

Постановка проблеми. Як відомо різні системи управління ґрунтом змінюють як кількість, так і якість органічної речовини ґрунту (ОРГ), впливаючи тим самим на процеси мікробної біотрансформації та фізико-хімічні і молекулярні властивості гумусових речовин (ГР), включаючи їх молекулярний розмір та розподіл маси [1-4]. Так методами проникаючої гель-хроматографії було встановлено, що природні ґрунти зазвичай містять вищу частку великих за розміром високомолекулярних гумінових фракцій, тоді як сільськогосподарські ґрунти, особливо за інтенсивного обробітку збагачуються переважно меншими за розмірами молекул низькомолекулярних фракцій гумінових кислот (ГК) [4]. Незважаючи на важливість оцінки колоїдного розміру супрамолекулярних агрегатів, детальний аналіз розподілу розмірів частинок у фракціях ГК із сільськогосподарських ґрунтів залишається обмеженим, значною мірою через нещодавнє використання сучасної техніки динамічного розсіювання світла (ДРС) порівняно з багаторічним застосуванням гель-хроматографії.

Тому дослідження спрямовані на вивчення розподілу колоїдних частинок нано- та субмікронного розміру у розчинах гумінових фракцій, екстрагованих з дерново-підзолистого ґрунту після тривалого внесення добрив, із застосуванням сучасної техніки ДРС.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Успішне застосування фізико-хімічних характеристик ізольованих фракцій ГР ґрунту забезпечує цінний та деталізований підхід до оцінювання якості й динаміки гуміфікованої органічної речовини ґрунту (ОРГ) [5-7]. Сучасні дослідження ГР дедалі частіше потребують методів їх аналізу на нано- та субмікронному рівнях колоїдної організації, оскільки саме цей масштаб безпосередньо пов'язаний із первинними молекулярними та фізико-хімічними процесами гуміфікації та стабілізації ОРГ [8, 9]. Це дає змогу більш обґрунтовано прогнозувати, оцінювати та моніторити динаміку і якість гуміфікованої ОРГ як у короткостроковій, так і в довгостроковій перспективі [10, 11].

Відповідно, актуальним напрямом у вивченні ОРГ є розробка та впровадження нових методів колоїдно-хімічного аналізу ГР.

Розроблення та ефективність методів дослідження ГР на колоїдному та молекулярному рівнях значною мірою визначаються сучасним станом розуміння їх молекулярної природи, а також встановленням взаємозв'язків між колоїдними й молекулярними характеристиками та процесами трансформації органічної речовини ґрунту (ОРГ) [5, 6, 11]. Водночас взаємозв'язок між колоїдно-дисперсними властивостями ізольованих фракцій ГР ґрунту та механізмами трансформації й гуміфікації ОРГ залишається недостатньо з'ясованим, що зумовлено складною, динамічною, гетерогенною та полідисперсною природою ГР [5, 9–12].

Згідно з новою супрамолекулярною парадигмою ГР, гуміфікація не розглядається як процес конденсаційної полімеризації з утворенням ковалентно-пов'язаних макромолекул великого розміру, а трактується як термодинамічно зумовлений процес селекції та самоорганізації відносно малих гетерогенних біомолекул. Ключовим фізико-хімічним механізмом цього процесу виступає гідрофобний ефект, який забезпечує ентропійно вигідну асоціацію амфіфільних молекул у водному середовищі та самозбірку супрамолекулярних агрегатів через слабкі нековалентні взаємодії (гідрофобні, π – π , водневі, ван-дер-ваальсові тощо) [12, 13].

Тривимірна структура супраагрегатів стабілізується завдяки впливу полярних функціональних груп на розчинник і представляє їх як сукупність молекул, розділених молекулами розчинника, а також невеликих щільно зв'язаних структур, утримуваних міцними водневими зв'язками. Такі структури здатні формувати великі супрамолекулярні агрегати через слабкі міжмолекулярні взаємодії за певних значень рН, іонної сили та концентрації [13, 14]. Внутрішня частина агрегатів демонструє гідрофобні властивості, що стабілізуються π -стекінгом між неполярними кільцями ароматичних структур. У результаті формується супрамолекулярна агрегація малих і середніх олігомерних фрагментів із молекулярною масою приблизно від 750 Да до 10 кДа. Гідрофобні супраструктурні збірки являють собою нанорозмірні сфероїдальні частинки (до 100 нм), які можуть додатково агрегуватися з утворенням супраструктурних агрегатів більшого розміру (понад 150 нм) і вищого рівня структурної організації [13]. Вуглеводи відіграють важливу гідрофільну роль, виконуючи функції ліотропних стабілізаторів гідрофобних структур та надаючи їм виражених гідрогелеподібних властивостей [13, 14]. У межах цього підходу ГР у розчинах розглядаються як сукупність динамічно-оборотних колоїдних супраагрегатів із діапазоном розмірів приблизно від 10–1000 нм до мікронного розміру залежно від концентрації, рН, іонної сили та інших факторів середовища [11, 15, 16].

У сучасному розумінні гідрофобна гуміфікація розглядається як фізико-хімічний процес спонтанного самозбирання гідрофобних та амфіфільних молекул у ґрунтовому розчині з подальшим їх фазовим витісненням із водної фази на поверхню дрібнодисперсних мінеральних частинок. У результаті спонтанної самозбірки міцелоподібних супрамолекулярних агрегатів відбувається формування нових гідрофобних центрів, які завдяки взаємній спорідненості акумулюють інші гідрофобні структури, утворюючи хімічно захищені від біодеградації мультисупрамолекулярні багатошарові структури гумусу. При цьому іони металів на поверхні мінералів виконують роль електростатичних екранів, організовуючи супрамолекулярні субодиниці в шари зі спадною полярністю [12]. Додатково стабільність супраагрегатів гумусу посилюється взаємодією з двовалентними та тривалентними катіонами (особливо кальцію та заліза), які широко представлені в ґрунтах і значною мірою сприяють довготривалій стабілізації ОРГ [9, 11, 12].

Гумінові кислоти (ГК) – водно-лужна фракція ГР, які представляють найбільш стійку гідрофобно-гуміфіковану частину ОРГ. Вони формуються переважно з гідрофобно-стабілізованих супрамолекулярних збірок ароматичних поліфенольних структур і ліпідних гідрофобних компонентів, що сприяють акумуляції та стабілізації гумусу й органічного вуглецю ґрунту [5, 6]. Представлення ГК у межах сучасної супрамолекулярної парадигми має важливі наслідки для розуміння процесів накопичення органічної речовини та вуглецю в ґрунтах, оскільки саме гідрофобні взаємодії значною мірою зумовлюють стабілізацію орґано-мінеральних комплексів гумусу та структури ґрунту [11, 12]. Саме ГК визначають рівень, інтенсивність та спрямованість гідрофобної гуміфікації ОРГ. Тому дослідження їх колоїдно-дисперсних характеристик має не лише фундаментальне, але й важливе прикладне значення у контексті оцінювання, прогнозування та моніторингу гуміфікаційних процесів і якості гумусу агрогенних ґрунтів на наноколоїдному рівні організації.

У водних екосистемах і ґрунтових розчинах ГК здатні до самозбірки з утворенням функціонально стабільних колоїдних супраагрегатів, які можна розглядати як сукупності природних суб- та нанорозмірних супрамолекулярних структур [11, 15, 16]. Слабо- та середньоконцентровані водні розчини ГК, як правило, є гетерогенними та полідисперсними колоїдними системами з розподілом розмірів гумінових частинок або супраагрегатів у межах приблизно 20–1000 нм [15–18]. Тому розмір цих частинок виступає ключовим фізичним параметром рівня супрамолекулярної самоорганізації ГК і характеризує полідисперсність та гетерогенність виділених розчинів ГК на субмікронному та нанорозмірному рівнях колоїдної організації [11, 15–18].

Застосування техніки динамічного розсіювання світла (ДРС) є особливо цінним для визначення та оцінювання розподілу розмірів колоїдних супрамолекулярних агрегатів у ГР в ефективному діапазоні від 20 до 1000 нм [16–18]. Метод мікрореологічного відстеження нано- та субмікронних частинок за допомогою ДРС успішно використовується як новий сучасний інструмент дослідження молекулярної мікроорганізації та процесів самоагрегації ГР у розчинах [18, 19].

Методика досліджень. Дослідження проводили в лабораторії органічних добрив і гумусу ННЦ «ІПА імені О. Н. Соколовського» в пробах ґрунту, відібраних у багаторічному польовому досліді, на території Волинської державної сільськогосподарської дослідної станції Інституту сільського господарства Західного Полісся НААН України, що розташована в селищі Рокині Луцького району Волинської області в природно-кліматичній зоні Полісся. Ґрунт дослідної ділянки – дерново-слабопідзолистий глинисто-піщаний, класифікований за міжнародною системою WRB як Albic Arenosols. Дослід було закладено у 1990 р. Для досліджень обрано такі варіанти: А – контроль (без внесення добрив); Б – орґано-мінеральна система удобрення (ґній 10 т/га + $N_{60}P_{37}K_{50}$) та В – органічна система удобрення (ґній 10 т/га) у поєднанні із сидератами (редька олійна і пелюшка).

Фракції гумінових кислот (ГК) були отримані згідно методики Тюріна в модифікації Пономарьової та Плотникової за ДСТУ 7828-2015 [20], що дозволяє виділити зрілу гумінову фракцію органічної речовини ґрунту, стабілізовану кальцієвими зв'язками. Виділення проводили шляхом декальцинації ґрунтового зразка та подальшої її лужної екстракції, осадження гумінових кислот при рН 1 та їх повторного розчинення у 0,1-н розчині NaOH та подільшого центрифугування за 6000 об/хв 15 хв для відділення орґано-мінеральних домішків тощо.

Розміри колоїдних частинок гумінових кислот визначали методом динамічного розсіювання світла за допомогою приладу Zetasizer Nano ZS Malvern Instruments

ZEN3600 за постійної температури 25 °С. Довжина хвилі лазера становила 632,8 нм, кут розсіяного світла – 173°. Вимірювання проводили в полістирольних кюветах. Кожне вимірювання повторювали тричі, кожне з яких є середнім по 10 пробігам (повторюваність вимірювання, яку встановлюють за допомогою програмного забезпечення). За його результатами отримували середні дані зі стандартним відхиленням (визначається за застосування програмного забезпечення) і встановлювали напівширину інтервалу невизначеності з використанням статистичних формул за t-критерієм Стюдента з довірчою вірогідністю 95%.

Результати досліджень. Розглядаючи всі типи розподілу розмірів колоїдних частинок досліджуваних гумусових розчинів (за інтенсивністю, об'ємом та кількістю), встановлено, що ГК, есктраговані з ґрунту за умов застосування добрив, характеризувалися переважанням значної кількості дрібнодисперсних частинок із гідродинамічним діаметром <100 нм. Натомість розчин ГК із ґрунту без внесення добрив (контроль) мав переважно мономодальний розподіл і містив значну кількість частинок діаметром близько 150 нм. Як відомо, у лужному середовищі частинки або агрегати ГК схильні до формування колоїдних структур, що характеризуються наявністю переважно дрібних частинок нано- та субмікронного розміру (від 10 до 100 нм і від 100 до 1000 нм відповідно) [17, 18].

На рисунку 1 наведено розподіл розмірів частинок за об'ємом (by volume) у виділених розчинах ГК ґрунту за різних систем удобрення. За умов застосування добрив спостерігається формування бімодального розподілу частинок у розчинах ГК, що зумовлено появою вираженого піку популяції наночастинок із розмірами до 100 нм.

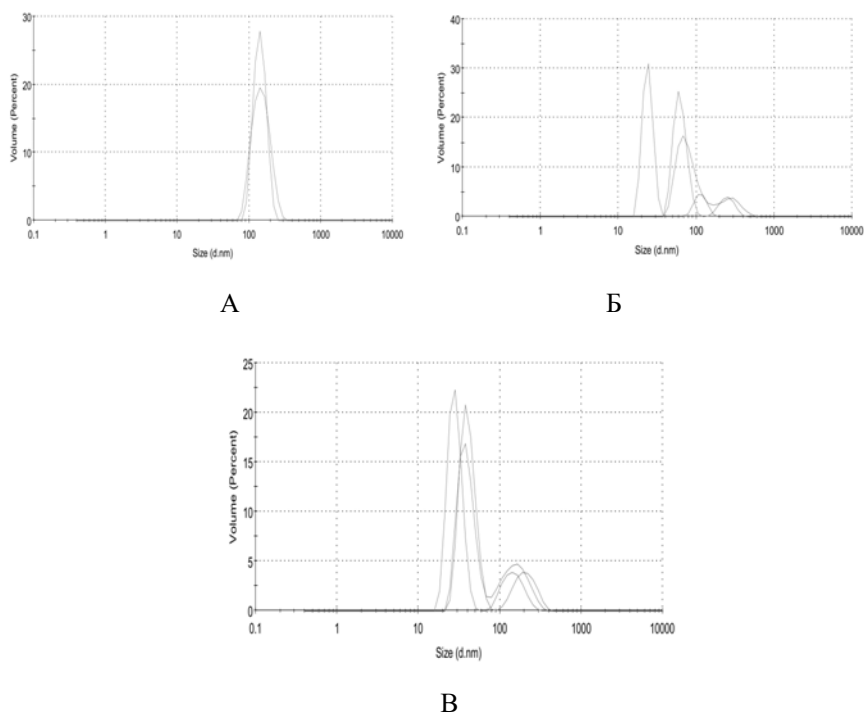


Рис. 1. Розподіл розмірів частинок за об'ємом (by volume) виділених розчинів ГК з ґрунту: контроль (А), органо-мінеральна система удобрення (Б) та органічна система удобрення (В)

Оскільки розподіл частинок за кількістю (by number) був мономодальним, кількість великих частинок, які займають значно більший об'єм, виявилася дуже незначною. Тому для детального аналізу розподілу розмірів колоїдних частинок у розчинах ГК було використано об'ємний розподіл (by volume). Подібний підхід застосували Есфahanі та ін., які на основі об'ємного розподілу частинок виявили три популяції частинок у розчинах фульвокислот (ФК) і ГК (Aldrich): 10–100, 100–1000 нм та >1 мкм [16]. Запропонована класифікація також була ефективно використана у подальших дослідженнях колоїдної мікроорганізації та міжмолекулярної агрегації гумінових розчинів у роботах M.J.M. Wells, M.R. Esfahani, M. Klusakova та інших авторів [15–19].

Детальний розподіл розмірів частинок за об'ємним параметром у всіх досліджених гумінових системах ґрунту, згідно з підходом M.R. Esfahani та ін. [16], разом з індексом полідисперсності (ПДІ) наведено в таблиці 1 та на рисунку 2. Встановлено, що за умов застосування добрив відбувається підвищення індексу ПДІ розчинів ГК та поява вираженого піку популяції наночастинок (табл. 1). Водночас встановлено збільшення гідродинамічного розміру популяцій субмікронних частинок і наночастинок у розчинах ГК ґрунту за умов застосування органічного добрива та сидерату.

Таблиця 1

Індекс полідисперсності (ПДІ) та розмір (гідродинамічний діаметр, нм) за об'ємним розподілом колоїдних частинок ГК виділених з ґрунту

Варіант	ПДІ	Пік 1 субмікрочастинок	Пік 2 наночастинок
Контроль (А)	0,373	150	-
Органо-мінеральна система удобрення (Б)	0,720	114	23
Органічна система удобрення (В)	0,401	161	40

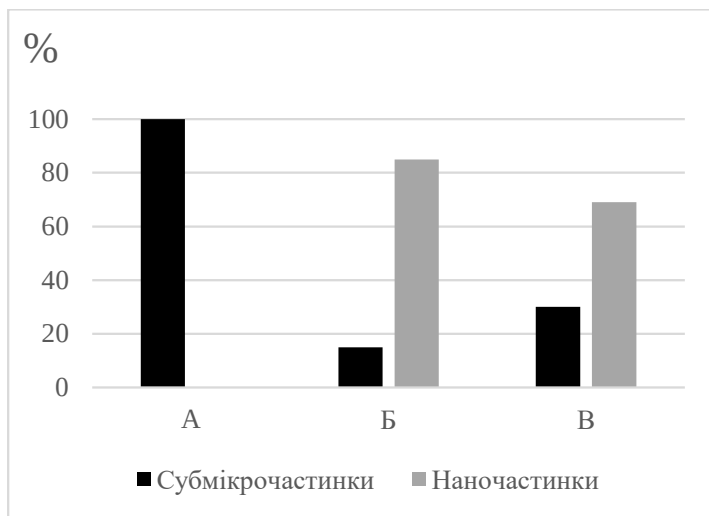


Рис. 2. Вміст (%) популяцій субмікрочастинок та наночастинок розчинів ГК з ґрунту: контроль (А), органо-мінеральна система удобрення (Б) та органічна система удобрення (В)

Встановлено, що застосування добрив призводить до збільшення частки популяції наночастинок у розчинах ГК (рис. 2). За органо-мінеральної системи удобрення виявлено найвищий вміст (85 %) найбільш дрібних за розміром (23 нм) наночастинок у розчині ГК, що зумовило суттєве підвищення індексу полідисперсності (ПДІ) до 0,720. Водночас за застосування органічного добрива та сидерату спостерігається зниження частки наночастинок до 69 %, проте відбувається збільшення їх розміру до 40 нм. При цьому також відзначено зростання вмісту (до 30 %) і розміру популяції субмікронних частинок (до 161 нм).

За результатами аналізу встановлено підвищення загального вмісту ГР, що відбувається переважно за рахунок збільшення вмісту вуглецю ФК у ґрунті за умов застосування органічних добрив (таблиця 2).

Таблиця 2

Вміст вуглецю гумусових речовин за різного удобрення

Варіант	Сгк	Сфк	Сзаг
	%		
Контроль (А)	0,09	0,15	0,24
Органо-мінеральна система удобрення (Б)	0,07	0,19	0,26
Органічна система удобрення (В)	0,06	0,20	0,26

Органічні добрива сприяли активізації процесів біотрансформації ОРГ, що зумовило інтенсивне новоутворення ГР зі збільшенням частки фракції ФК. Це пояснюється тим, що в дерново-підзолистих ґрунтах у складі гумусу переважають саме фульвокислоти. Відомо, що ФК представлені переважно низькомолекулярними ароматичними структурами меншого розміру з підвищеним вмістом окиснених функціональних груп [6, 12]. Стабілізація їх дрібних супрамолекулярних збірок відбувається головним чином завдяки водневим зв'язкам між оксигеновмісними функціональними групами, що зумовлює їх високу гідрофільність і кислотність у ґрунтовому середовищі [6, 11].

Активне новоутворення та самоорганізація супраагрегатів ГР ґрунту під впливом органічних добрив супроводжується високим вмістом популяції наночастинок розміром до 100 нм. Амфифільні компоненти ГК здатні до самоорганізації у наноструктуровані композити, що впливає на їх реакційну здатність і мікробну мінералізацію. При цьому складні самоорганізовані надмолекулярні збірки ГК більшого розміру, як правило, розкладаються мікроорганізмами легше, ніж дрібніші структурно впорядковані надмолекулярні комплекси [3]. За органо-мінеральної системи удобрення мінеральні компоненти можуть посилювати процеси мінералізації ОРГ, що зумовлює формування та високий вміст дрібних наночастинок розміром близько 20 нм і зміщує розподіл новоутворених супрамолекулярних агрегатів ГК у бік менших розмірів. Водночас зниження інтенсивності мінералізації ОРГ за умов застосування органічного добрива у поєднанні із сидератом сприяє збільшенню розміру субмікронних і наночастинок ГК, що, відповідно, зумовлює зміщення розподілу новоутворених супрамолекулярних агрегатів у бік більших розмірів.

Добре відомо, що розміри колоїдних агрегатів ГР значною мірою визначають рухомість і реакційну здатність гуминової системи ґрунту [15–19]. Рухомість будь-якої колоїдної частинки істотно залежить від її розміру: зокрема, для глобулярних частинок коефіцієнт дифузії зменшується пропорційно квадрату їх діаметра [18]. Зменшення розміру або підвищення дисперсності частинок ГР сприяє зростанню

рухомості гумусової системи та слабшому закріпленню органічної речовини у ґрунтовому профілі. Натомість гідрофобна молекулярна агрегація частинок ГР, що супроводжується збільшенням розміру колоїдних агрегатів, може приводити до зниження їх рухомості та потенційного закріплення органічної речовини у ґрунтовому профілі.

Таким чином, органо-мінеральна система удобрення дерново-підзолистого ґрунту підвищує дисперсність і рухомість гумусової системи ОРГ за рахунок високого вмісту популяції наночастинок ГК розміром близько 20 нм, що свідчить про консолідацію процесів гуміфікації на початковій стадії активного новоутворення ГР. Водночас застосування органічного добрива у поєднанні із сидератом знижує дисперсність гумусової системи ОРГ та зміщує розподіл субмікронних і наночастинок ГК у бік більших розмірів, що може бути пов'язано з переходом процесів гуміфікації до більш зрілої стадії та підвищенням стабільності новоутворених ГР.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Результати досліджень можуть слугувати основою для розробки прогностичних моделей спрямованості та стадій гідрофобної гуміфікації ОРГ, використовуючи розподіл колоїдних частинок ГК як базовий параметр динамічного стану супрамолекулярних агрегатів.

Органічні добрива сприяють активному новоутворенню гумусу через інтенсивну біотрансформацію свіжої органічної речовини, що супроводжується підвищенням полідисперсності (ПДІ) та збільшенням мілкодисперсних популяцій наноагрегатів. Зниження інтенсивності мінералізації може стимулювати перехід до зрілої стадії гуміфікації та сприяти стабілізації гумусу у вигляді більших за розмірами колоїдних частинок.

На основі результатів досліджень запропоновано схематичну модель розподілу колоїдних частинок гумінових розчинів ґрунту, що відповідає основним стадіям гуміфікації ОРГ.

Примітка. Публікація підготовлена за підтримки Міністерства освіти і науки України в рамках виконання наукового дослідження «Комплексне наукове дослідження інноваційних рішень з відновлення ґрунтів та запобігання їхньої деградації з метою поліпшення екологічного стану регіонів України».

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Drosos M., Piccolo A. The molecular dynamics of soil humus as a function of tillage. *Land Degradation & Development*. 2018. Vol. 29 (6). P. 1792-1805. <https://doi.org/10.1002/ldr.2989>.
2. The impact of long-term field experiments under different cropping systems on the molecular dynamics and stability of the soil Humeome / C. Savarese et al. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2022. Vol. 331. 107928. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2022.107928>
3. Khalaf M.M.R., Chilom G., Rice J.A. Comparison of the effects of self-assembly and chemical composition on humic acid mineralization. *Soil Biology and Biochemistry*. 2014. Vol. 73. P. 96–105. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2014.02.013>
4. Chromatographic characteristics (HPLC, HPSEC) of humic acids of soil fertilised with various organic fertilisers / B. Debska et al. 2010. Vol. 26. P. 49–57. <https://doi.org/10.1080/02757540.2010.501027>
5. Using Humic Fractions to Understand Natural Organic Matter Processes in Soil and Water: Selected Studies and Applications / D.C. Olk et al. *Journal of Environmental Quality*. 2019. Vol. 48 (6). P. 1633–1643. <https://doi.org/10.2134/jeq2019.03.0100>.
6. Characterization of Soil Organic Matter Individual Fractions (Fulvic Acids, Humic Acids, and Humins) by Spectroscopic and Electrochemical Techniques in Agricultural Soils / A. Ukalska-Jaruga et al. *Agronomy*. 2021. Vol. 11 (6). 1067. <https://doi.org/10.3390/agronomy11061067>.

7. Quantitative Approaches in Assessing Soil Organic Matter Dynamics for Sustainable Management / Y.T. Murindangabo et al. *Agronomy*. 2023. Vol. 13 (7). 1776. <https://doi.org/10.3390/agronomy13071776>
8. Exploring the Macroscopic Properties of Humic Substances Using Modeling and Molecular Simulations / Y. Escalona et al. *Agronomy*. 2023. Vol. 13 (4). 1044. <https://doi.org/10.3390/agronomy13041044>.
9. Soil organic matter stabilization at molecular scale: The role of metal cations and hydrogen bonds / E. Galicia-Andrés et al. *Geoderma*. 2021. Vol. 401. 115237. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.115237>.
10. Saito S. Separation approaches towards understanding supramolecular aggregate formation of humic acid. *Analytical Sciences*. 2022. Vol. 38. P. 233–234. <https://doi.org/10.1007/s44211-021-00020-3>.
11. Humic substances: From supramolecular aggregation to fractal conformation—Is there time for a new paradigm? / R. Angelico et al. *Applied Sciences*. 2023. Vol. 13 (4). 2236. <https://doi.org/10.3390/app13042236>
12. Piccolo A., Drosos M. The supramolecular structure of the soil humeome and the significance of humification. *Advances in Agronomy*. 2024 Vol. 188. P. 405–455. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2024.06.006>.
13. Supramolecular aggregation of colloidal natural organic matter masks priority pollutants released in water from peat soil / L. Pontoni et al. *Environmental Research*. 2021. Vol. 195. 1107612021. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.110761>
14. Recent Developments on the Three-Dimensional Structure of Dissolved Organic Matter: Toward a Unified Description / K.E. Norris et al. *Environmental Science & Technology*. 2025 Vol. 59 (6). P. 2928–2936. <https://doi.org/10.1021/acs.est.4c09627>
15. Wells M.J.M. Supramolecular answers to the organic matter controversy. *Journal of Environmental Quality*. 2019. Vol. 48 (6). P. 1644–1651. <https://doi.org/10.2134/jeq2019.02.0089>.
16. Esfahani M.R., Stretz H.A., Wells M.J. Abiotic reversible selfassembly of fulvic and humic acid aggregates in low electrolytic conductivity solutions by dynamic light scattering and zeta potential investigation. *Science of The Total Environment*. 2015. Vol. 537. P. 81–92. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.08.001>
17. Klucakova M., Veznikova K. Micro-organization of humic acids in aqueous solutions. *Journal of Molecular Structure*. 2017. Vol. 1144. P. 33–40. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2017.05.012>
18. Klucakova M. Size and charge evaluation of standard humic and fulvic acids as crucial factors to determine their environmental behavior and impact. *Frontiers in Chemistry*. 2018. Vol. 6. 235. <https://doi.org/10.3389/fchem.2018.00235>
19. Self-aggregation of soil humic acids with respect to their structural characteristics / U.D. Jovanović et al. *Journal of the Serbian Chemical Society*. 2022. Vol. 87 (6). P. 761–773. DOI:10.2298/JSC211125010J
20. Якість ґрунту. Визначення групового та фракційного складу гумусу за методом Тюріна у модифікації Пономарьової та Плотникової: ДСТУ 7828:2015. [Чинний від 22.06.2015]. Київ: Держспоживстандарт України, 2015. 9 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

UDC 631.559:628.8:57

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.3.11>

CROP CULTIVATION UNDER SIMULATED CONTROLLED CONDITIONS: RESEARCH PRIORITIES AND SYSTEM INTEGRATION CHALLENGES (ANALYTICAL REVIEW)

Tao Wei – PhD student at the Department of Plant Protection,
Sury National Agrarian University,
Shandong Agriculture and Engineering University:
Jinan, Shandong, People's Republic of China
orcid.org/0009-0001-4843-9018

Bakumenko O.M. – Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Plant Protection,
Sury National Agrarian University
orcid.org/0000-0003-1625-7401

Vlasenko V.A. – Doctor of Agricultural Sciences,
Professor at the Department of Plant Protection and Quarantine,
Sury National Agrarian University
orcid.org/0000-0002-5535-6747

The article presents a systematic review of scientific studies devoted to the cultivation of agricultural crops under simulated conditions with fully controlled environmental parameters, with particular emphasis on closed-type bioregenerative agricultural systems (CELSS/BLSS). It is shown that under artificially reproduced environments characterized by isolation from external factors, limited resources, the use of artificial lighting, altered gravity, and elevated radiation background, plants perform not only a productive function but also a system-forming role, participating in the regulation of gas exchange, water regimes, and biogeochemical cycles within closed agroecosystems.

The evolution of scientific approaches to plant cultivation under simulated conditions is analyzed, ranging from the confirmation of the fundamental possibility of plant growth and completion of the full ontogenetic cycle to the development of complex integrated systems focused on long-term stability and controllability. Particular attention is paid to the problem of so-called "system integration contradictions," in which locally optimal solutions for individual crops or technological components (such as light spectral composition, substrate type, or nutrient solutions) fail to ensure the stable functioning of the modeled agricultural system as a whole.

The synthesis of literature sources indicates that fragmented studies of individual growth factors are insufficient for understanding the functioning of agroecosystems under closed conditions. The necessity of a systemic interdisciplinary approach is substantiated, integrating agronomy, plant physiology, microbiology, and engineering solutions for environmental control. The prospects of applying controlled, moderately intensive simulated stresses (eustress) are highlighted as a tool for enhancing plant adaptive potential and improving the stability of agricultural systems under artificially reproduced cultivation conditions.

Key words: simulated cultivation conditions; controlled environment; closed agroecosystems; CELSS; BLSS; plant adaptation; abiotic stresses; eustress; system integration; bioregenerative agricultural systems.

Тео Вей, Бакуменко О.М., Власенко В.А. Вирощування сільськогосподарських культур за модельованих контрольованих умов: дослідницькі пріоритети та виклики системної інтеграції (огляд літератури)

У статті здійснено системний огляд наукових досліджень, присвячених вирощуванню сільськогосподарських культур у модельованих умовах із повністю контрольованими



© Tao Wei, Bakumenko O.M., Vlasenko V.A., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

параметрами середовища, з особливим акцентом на біорегенеративні аграрні системи закритого типу (CELSS/BLSS). Показано, що за умов штучно відтвореного середовища, ізоляції від зовнішніх факторів, обмеженості ресурсів, використання штучного освітлення, зміненої гравітації та підвищеного радіаційного фону рослини виконують не лише продукційну, а й системоутворюючу функцію, беручи участь у регуляції газообміну, водного режиму та біогеохімічних циклів у замкнених агроєкосистемах.

Проаналізовано еволюцію наукових підходів до культивування рослин у модельованих умовах – від підтвердження принципової можливості росту й завершення повного онтогенезу до формування комплексних інтегрованих систем, орієнтованих на довготривалу стабільність та керованість. Особливу увагу приділено проблемі так званих «суперечностей системної інтеграції», коли локально оптимальні рішення для окремих культур або технологічних елементів (спектральний склад освітлення, тип субстрату, поживні речовини) не забезпечують стабільного функціонування всієї модельованої аграрної системи.

Узагальнення літературних джерел свідчить, що фрагментарні дослідження окремих факторів росту є недостатніми для розуміння функціонування агроєкосистем у замкнених умовах. Обґрунтовано необхідність системного міждисциплінарного підходу, який поєднує агрономію, фізіологію рослин, мікробіологію та інженерні рішення керування середовищем. Окремо підкреслено перспективність використання контрольованих модельованих стресів помірної інтенсивності (еустресу) як інструменту підвищення адаптивного потенціалу рослин і стабільності аграрних систем у штучно відтворених умовах вирощування.

Ключові слова: модельовані умови вирощування; контрольоване середовище; замкнені агроєкосистеми; CELSS; BLSS; адаптація рослин; абіотичні стреси; еустрес; системна інтеграція; біорегенеративні аграрні системи.

Relevance of the Research Topic. In the context of the development of simulated systems for agricultural crop cultivation, increasing importance is attached to studying the functioning of plant agroecosystems under fully controlled and artificially reproduced environmental parameters. Such simulated conditions are applied in specialized ground-based facilities, phytotrons, bioregenerative life support systems, as well as in extraterrestrial plant production projects, particularly in the development of lunar research bases.

Simulated cultivation conditions are characterized by strict regulation of growth factors, limited exchange of matter with the external environment, a high degree of isolation, and the necessity to maintain system stability under the influence of a complex of abiotic stresses. Under these conditions, agricultural crops perform not only a productive function but also a system-forming role, participating in gas exchange, water cycling, and biogeochemical nutrient cycles. This determines the relevance of synthesizing scientific approaches to crop cultivation in simulated environments, with particular emphasis on lunar agriculture within controlled ecological life support systems (CELSS/BLSS).

Problem Statement. Despite a substantial body of experimental and theoretical research devoted to plant cultivation under simulated conditions, the current scientific output is characterized by fragmentation and a focus on individual growth factors or isolated technological solutions. In many publications, plants are considered primarily as objects of productivity, whereas in simulated agroecosystems – especially under conditions of complete isolation – they represent key functional components of closed ecological systems.

Locally optimal solutions that are effective for individual crops or specific technological elements (such as artificial lighting, substrates, or nutrient delivery systems) do not always ensure the stable functioning of the system as a whole. Under simulated conditions, this leads to the emergence of system integration contradictions, manifested in imbalances of gas exchange, disruption of nutrient cycling, and reduced system

resilience to internal disturbances. These issues are particularly critical for simulated lunar plant production systems, where compensation for negative effects through natural environmental buffering is not possible.

Research Methodology (Review Methodology). The study was conducted in the form of a review article using methods of systemic, comparative, and critical analysis of scientific sources. The review synthesizes results of studies focused on agricultural crop cultivation under simulated conditions, including ground-based experimental complexes, bioregenerative life support systems, and experiments simulating lunar environmental conditions.

Publications addressing the effects of combined abiotic factors – limited space, resource constraints, artificial lighting, altered gravity, and radiation exposure – on plant growth, development, and functional roles within closed simulated agroecosystems were analyzed. The evaluation of the reviewed materials was carried out from the perspective of system integration of crops into simulated cultivation environments and their contribution to the stability and efficiency of controlled ecological systems.

Results of the Research (Analysis of Literature Sources). Human exploration of the Moon is transitioning from short-term visits to long-term stays and settlement. However, the primordial lunar environment is extremely hostile: its surface is near-vacuum, diurnal temperature variations exceed 300°C, the lack of a magnetic field exposes it to intense cosmic radiation and solar energetic particles, and gravity is only one-sixth that of Earth. Under these conditions, plants cannot grow naturally, and essential resources for human survival – oxygen, water, and food – cannot be directly obtained.

Constructing a CELSS, also known as a Bioregenerative Life Support System (BLSS), capable of achieving closed-loop material cycling, has become imperative. CELSS integrates higher plants, microorganisms, algae, and physicochemical processing units to partially simulate the functions of Earth's ecosystems, aiming for a high degree of closure in food production, air revitalization, water purification, and waste recycling. Lunar Base Agriculture typically refers to the crop cultivation unit within the CELSS. The internal environment of such closed systems is characterized by multi-factor coupling and significant chain reactions, making its impact on crop growth, yield, and ecosystem stability highly complex [1, 3].

With the rapid advancement of global lunar exploration programs and lunar research station construction plans, lunar base agricultural research has become an urgent task. This paper posits that current research faces three major challenges: First, over the past two decades since the 21st century began, CELSS research has generally slowed, and plant cultivation experiments have gradually deviated from systems logic, exhibiting a trend towards independent and fragmented research themes. Second, agricultural and biological researchers have not sufficiently engaged with the latest advancements in aerospace technology and lunar exploration, failing to integrate new technologies and perspectives into their work. Third, the focus on isolated plant cultivation experiments and interpretation of results has overlooked the issue of "system integration contradictions."

Based on this background, this article aims to: (1) systematically outline the development trajectory of lunar agriculture and CELSS technology, clarifying research themes and achievements at various stages; (2) elaborate in detail on the relationship between key CELSS technologies and crop cultivation research, as well as the new challenges faced at the current stage; (3) argue for the necessity, scientific rationale, and future directions of a paradigm shift in lunar base agricultural research. Through systematic review and discussion, this article aims to provide value orientation and theoretical support for subsequent applied research in lunar agriculture.

Driven by the demands of manned spaceflight missions and the refinement of CELSS technology, the development of lunar base agricultural research can be divided into three stages.

Concept Proposal and Early Exploration (1970s–1980s)

In 1975, early orbital plant cultivation experiments aboard the Salyut-4 space station revealed disoriented root and shoot growth under microgravity compared with Earth-based patterns. In 1979, the Salyut-6 station achieved complete life-cycle cultivation of *Arabidopsis thaliana* from seed to seed, confirming the reproductive capability of plants in microgravity. Together, these pioneering experiments provided the first experimental evidence supporting the feasibility of extraterrestrial agricultural cultivation.

In June 1987, NASA hosted the specialized workshop "Lunar Base Agriculture: Soils for Plant Growth" in Houston. The resulting monograph, *Lunar Base Agriculture: Soils for Plant Growth*, became a milestone in the field, offering the first comprehensive discussion of lunar environmental constraints on agricultural systems and potential engineering solutions [1].

In 1989, NASA released the "90-Day Study on Human Exploration of the Moon and Mars", proposing a return to the Moon and the establishment of a permanent base in the early 21st century, listing the "regenerative life support system" involving plants and microorganisms as the top priority among seven key technologies. Although this blueprint was later shelved, the technical concepts and mission architecture it proposed provided important theoretical and practical references for subsequent exploration plans, including the current Artemis program.

CELSS Theoretical Framework and Deepening Cultivation Experiments (1990s)

The theoretical framework of CELSS was gradually refined, with its core objective being the highly closed recycling of resources like water, air, and food within the system. Large-scale ground-based integrated tests were conducted by multiple countries, such as the US's "Biosphere 2" and Japan's Closed Ecology Experiment Facilities (CEEF). The research focus expanded from single-species plant cultivation to the synergistic regulation of multiple biological units, including "human-plant-microorganism."

NASA's Johnson Space Center "Lunar Base Controlled Ecological Life Support System" (LCELSS) project evaluated the growth performance of wheat, potatoes, and other crops in lunar soil simulants. Results showed that with nutrient supplementation and precise photoperiod control, crops could complete their life cycle, but their biomass, yield, and photosynthetic efficiency were generally lower than Earth control conditions, revealing the physicochemical limitations of simulated lunar regolith [2, 4, 5].

Among the crops selected by NASA for LCELSS were four with underground edible parts: potatoes, sweet potatoes, beets, and peanuts [3]. These crops were grown in open and closed cycles, solid media, and liquid hydroponic systems. Experiments indicated that fluorescent lamps, fluorescent plus incandescent lamps, and high-pressure sodium plus metal halide lamps were all effective light sources. Under continuous light and day/night temperatures of 16–28/22°C, potatoes and sweet potatoes achieved the highest yields, respectively [6, 7, 8].

System Optimization and Long-Term Simulation Testing (2000s–2010s)

The construction of the International Space Station (ISS) provided a long-term and stable platform for space plant cultivation. A series of specialized facilities, including the Plant Growth Unit (PGU) and the European Modular Cultivation System (EMCS), successfully enabled the completion of full plant life cycles of *Arabidopsis thaliana*, dwarf wheat, *Brassica* species, and other crops under microgravity conditions. These platforms also allowed for in-depth investigation of the effects of the space environment

on plant cell structure, gene expression, hormonal regulation, and associated microbial communities [9, 10]. The results of these studies substantially advanced the understanding of plant biological behavior and adaptive responses in space.

During this phase, ground-based CELSS simulation tests focused on obtaining key design parameters and operational experience for future extraterrestrial life support systems, verifying their long-term stable operation capabilities in extreme environments such as space stations, the Moon, and Mars.

The European Space Agency's (ESA) MELiSSA (Micro-Ecological Life Support System Alternative) initiative, launched in the late 1980s, aimed to develop a closed-loop bio-regenerative life support system based on lake ecosystem principles. This system utilizes five functionally complementary compartments to convert astronaut metabolic waste into oxygen, water, and food, achieving resource recycling [11, 12].

China's "Lunar Palace 1" ground-based simulation system conducted experiments such as "2-person 30-day" and "4-person 180-day," establishing an artificial closed ecosystem with a "Human-Plant-Animal-Microorganism" four-biological chain. Its complexity and stability surpassed previous US systems, achieving 100% regeneration of oxygen and water, and partial regeneration of food [8].

Concurrently, research on cultivating model plants in simulated lunar regolith increased. In 2005 the National Academy of Sciences of Ukraine, based on experimental results, theoretically demonstrated the feasibility of cultivating healthy, low-cost pioneer plants at a lunar base [5]. The study used Turchynka anorthosite as a lunar regolith simulant to explore marigold cultivation in regolith with low bio-availability, proposing that pioneer plants must possess characteristics such as survivability in low-bioavailability regolith, acceptable yield under constrained conditions, strong disease resistance, and low requirements for factors like light and low gravity.

Breakthroughs were also made in in-situ lunar plant experiments. In 2019, China's Chang'e-4 mission achieved cotton seed germination on the far side of the Moon, marking humanity's first biological growth experiment on the lunar surface. Although the seedling died due to the low temperatures of the lunar night, its brief survival demonstrated the possibility of short-term plant survival under lunar radiation, microgravity, and temperature fluctuations [14].

System Integration and Multidisciplinary Convergence (2020s–Present)

With the advancement of new-generation lunar exploration programs like NASA's Artemis program and China's crewed lunar exploration missions, lunar base agriculture has entered a new phase oriented towards system integration and practical application. Research focuses on CELSS closed-loop reliability, multi-technology integration, and efficient in-situ resource utilization.

Liangchang Zhang (2022) validated the feasibility of reusing treated sanitary wastewater and urine as a hydroponic medium for plants, providing insights for the design and operation of hydroponic and water recycling systems in CELSS [6]. Chenjunnan Zhou (2024) conducted research on solid waste generation and compost recycling in CELSS, aiming to screen waste types, quantities, and treatment methods generated during aerospace missions, analyze oxygen demand patterns of different organic wastes, and summarize optimal critical oxygen levels for the aerobic composting process [7].

Yemets and S. Plokhovska from the Institute of Food Biotechnology and Genomics of the National Academy of Sciences of Ukraine found that the number of autophagosomes in plant root cells significantly increased under simulated microgravity, gradually recovering later, indicating plant adaptation [15, 16]. Exogenous application of nitric oxide (NO) donors enhanced plant tolerance to microgravity and promoted root growth.

Melatonin treatment improved plant antioxidant capacity and synergized with N₂O to enhance plant survival under microgravity, revealing a new mechanism of the NO-auto-phagy pathway in plant space adaptation [17].

In 2024, a team from the Chinese Academy of Sciences reported a significant discovery: lunar regolith minerals store substantial amounts of hydrogen due to long-term solar wind irradiation. Computational simulations showed that nanoscale channels exist within lunar ilmenite, capable of adsorbing and storing hydrogen atoms from the solar wind, with each ilmenite molecule able to adsorb up to four hydrogen atoms. The team proposed a feasible strategy for in-situ lunar water extraction and utilization: heating the regolith to approximately 1000°C to melt it, triggering redox reactions between solar-wind-implanted hydrogen and iron oxides to produce water, elemental iron, and ceramic glass, yielding about 51–76 kg of water per ton of regolith. This technology could significantly alter the development conditions for lunar base agriculture [18].

Furthermore, this period continued the conceptualization of the "Extraterrestrial Distributed Ecological Cultivation Network" (EDEN), envisioning the use of distributed greenhouse modules across different lunar longitudes to achieve continuous crop production by leveraging natural lunar diurnal rhythms, representing a new paradigm in lunar agricultural system design. Thus, the research perspective has expanded from lunar base agriculture within CELSS towards maximizing the use of in-situ resources and constructing semi-natural ecosystems.

Key CELSS Technologies and Their Impact on Lunar Base Crop Cultivation

As a complex systems engineering endeavor, the technological evolution of CELSS directly determines the feasibility and efficiency of lunar base agriculture. Scholars worldwide have discussed the fundamental theories and technical support paths for crop cultivation in CELSS environments for decades. Taking the CELSS Experimental Facility (CEF) as an example, its design includes 10 subsystems, with the core control system covering temperature, humidity, ventilation, air partial and total pressure, ethylene concentration, plant lighting, nutrient delivery, and airborne microbial monitoring [19]. These subsystems embody the advancements in CELSS technology and are common functional modules in ground-based space simulation experiments globally. The maturity and application of related technologies enable the potential for scaling up and sustaining lunar base agriculture.

The following briefly introduces four key technologies:

Artificial Lighting Technology

To date, artificial light remains the sole or primary source of illumination for crops inside CELSS. Light-emitting diodes (LEDs) have become the mainstream light source for space agriculture due to their small size, high efficiency, long lifespan, and precise spectral tunability [20]. By adjusting the ratio, intensity, and photoperiod of red (600–700 nm), blue (400–500 nm), and far-red (700–800 nm) light, optimization can be achieved for different crop species and growth stages, significantly improving photosynthetic efficiency, regulating morphogenesis, and enhancing secondary metabolite content (e.g., vitamins, antioxidants) [21]. For instance, lettuce grows best under red-blue light combinations, while adding far-red light promotes stem elongation, beneficial for light resource acquisition in dense cultivation. Shen Yunze (2014) improved wheat energy use efficiency by adjusting the photoperiod, applying four photoperiod treatments (12 h, 16 h, 20 h, 24 h) each before and after flowering, using red-blue LEDs (90% red + 10% blue) [8].

Environmental Temperature Control Technology

The extreme temperatures on the lunar surface pose lethal threats to living organisms. The CELSS temperature control system must maintain a relatively stable and suitable

temperature range for crop growth (typically 18–25°C). Firstly, the greenhouse structure requires high-performance insulation materials to minimize heat exchange with the external environment. Secondly, phase change materials (PCMs) can be utilized to absorb or release heat, dampening internal temperature fluctuations. Finally, active temperature control systems (e.g., heat pumps, fluid circulation systems) are responsible for precise regulation of the internal cabin temperature, removing waste heat generated by plant transpiration and equipment operation [19]. The energy consumption of temperature control systems is extremely high, and their reliability and efficiency directly impact the viability of the entire CELSS.

Microgravity Countermeasure Technology

Lunar low gravity affects multiple plant physiological processes, notably altering root gravitropic growth direction, leading to disorganized root architecture, which in turn impacts water and nutrient uptake efficiency [10]. Additionally, in low gravity, soil capillary action is enhanced while gravitational drainage is weakened, potentially causing uneven water-air distribution in the root zone and leading to root hypoxia. To address these challenges, researchers have developed various techniques: soilless cultivation methods such as hydroponics and aeroponics have become mainstream, directly providing water, nutrients, and oxygen to roots via nutrient solution circulation or mist spraying, effectively circumventing microgravity-related issues.

Radiation Protection Technology

The lack of atmospheric and magnetic field protection on the lunar surface results in cosmic radiation intensities hundreds of times greater than on Earth's surface. High-energy particle radiation can directly cause DNA damage, organelle disruption, leading to gene mutations, abnormal growth and development, or even death [22]. Radiation protection in CELSS primarily relies on physical shielding. The greenhouse structure (especially the habitation module) typically needs to be covered with a sufficient thickness of shielding material, such as lunar regolith, water walls, or special composites, to attenuate radiation doses to safe levels. Additionally, biological protection strategies are also emphasized, including breeding radiation-resistant crop varieties through genetic engineering or traditional methods, and leveraging plant antioxidant mechanisms to repair radiation damage [23].

Challenges and Logical Shifts in Lunar Base Agricultural Research

From its conceptual proposal to its peak research period, CELSS took only slightly over a decade. Searches in academic databases reveal that the foundational theories, basic models, simulation experiments, and applied technologies of CELSS were largely established during this period. However, in the two decades following 2000, CELSS research entered a relatively flat development phase, with the quantity and pace of publications slowing down periodically.

The main reasons are as follows:

Firstly, as the principles were validated, the research focus shifted towards more engineering-oriented challenges such as subsystem optimization, long-term stable operation, and system integration. CELSS projects require substantial investment, long cycles, and breakthrough results are not easily achieved; reduced global lunar exploration activities during this period also limited CELSS research funding.

Secondly, space mission priorities shifted. The International Space Station entered routine operation, with its life support systems emphasizing physicochemical regeneration technologies, thereby limiting opportunities for CELSS experiments.

Thirdly, the influence of research incentive mechanisms. The global prevalence of evaluating research output based on publication count and citation metrics tends to

favor "consolidative" research that is fast-producing and low-risk. Large-scale, high-risk systems engineering research like CELSS, requiring long-term investment, is relatively less attractive under such evaluation systems.

Furthermore, due to the complexity, interdisciplinary nature, and constrained experimental conditions of lunar base agricultural research, this period produced many studies deviating from the core of CELSS, diminishing the value of their outcomes. The author summarizes three common issues:

Neglecting the Integration of Existing and Potential Technologies

Barriers between disciplines exist in lunar agricultural research, creating a concerning research inertia: scholars often delve deeply into detail optimization within their own specialized fields but overlook the potential breakthroughs from cross-disciplinary technology integration, leading to relatively conservative design approaches for lunar agricultural systems. For example, some studies focus on breeding stress-resistant varieties, improving the microbial environment of lunar regolith, or addressing diurnal temperature stress, yet fail to reference the latest advancements in aerospace engineering, space physics, lunar geology, and other fields (such as the aforementioned technical conditions). Instead, they base their hypotheses, deductions, and arguments on assumed primitive lunar environmental parameters. This not only increases the research burden but also falls into repetitive, non-essential misconceptions, lacking practical application value.

For instance, Chinese scholars proposed establishing airtight confined spaces within polar lava tubes as the basic concept for a lunar farm, equipped with agricultural, living, environmental control, and water-fertilizer recycling systems, managed via sensors and automated control systems [14]. Additionally, as mentioned earlier, the Chinese Academy of Sciences team proposed producing 51–76 kg of water per ton of regolith through high-temperature processing [18], not only addressing the water source issue but also establishing a complete resource recycling system. Such advancements provide new perspectives for agricultural and biological scholars intending to conduct lunar base agricultural research.

Overlooking the Role of Crops as "System Components" within CELSS

Resource recycling is the core of CELSS, aiming to convert all "waste" within the system into "resources." On a lunar base, the crop system not only supplies food but also serves as an indispensable functional "component" within the CELSS, playing multiple key roles in the closed ecological cycle. In recent years, due to a lack of support from relevant disciplinary theories and experiments, scholars in agronomy have gradually deviated from the fundamental logic of CELSS, moving away from viewing crop value from a "component" perspective.

For example, in the MELiSSA program, astronauts act as consumers, microorganisms serve as decomposers and transformers, and plants and cyanobacteria act as producers, together forming a complete closed cycle: In Compartment I, anaerobic thermophilic bacteria break down waste like feces and urine into CO₂, volatile fatty acids (VFAs), and ammonium salts, a process that avoids carbon loss and safety risks by suppressing methane production; in Compartment II, the photoheterotrophic bacterium *Rhodospirillum rubrum* further processes VFAs, generating biomass and additional ammonium; Compartment III is the core stage for nitrogen recovery, where ammonium is sequentially oxidized to nitrite and nitrate, meeting the nitrogen demands of plants and cyanobacteria while preventing toxic ammonia accumulation; Compartment IV uses nitrate as fertilizer, producing oxygen and food through photosynthesis by plants and cyanobacteria; finally, astronauts in Compartment V consume these products and generate waste again, re-entering Compartment I, thus completing the MELiSSA cycle [11, 12].

In reality, the closed ecosystem of a lunar base is even more complex than the MELiSSA program, and the component role played by crops as a single unit (or module) within the system is more diverse and intricate. Therefore, research should return to this fundamental positioning.

Neglecting the "System Integration Contradiction" Problem

Although numerous crop cultivation experiments based on CELSS environments have been conducted, new conclusive findings are limited, and even "system integration contradictions" arise. This contradiction refers to the phenomenon where conclusions or technical solutions deemed "optimal" for a single plant species or a single growth factor, when integrated into the operation of the entire highly coupled, resource-closed complex system, may see their positive effects weakened, negated, or even transformed into "sub-optimal" or "inferior" solutions that negatively impact system stability and efficiency. This issue is often overlooked by agricultural and biological scholars.

For example, a specific dwarf wheat variety might be considered the "optimal" choice due to its highest one-time harvest grain yield per unit area. However, this high-yield wheat might release large amounts of oxygen concentrated during its reproductive stage while consuming significant CO₂ during the seedling stage, causing drastic fluctuations in O₂ and CO₂ concentrations within the system. This poses a significant risk to crew members and other crops requiring stable gas environments.

Clearly, integration contradictions manifest in CELSS as resource competition and trade-offs, metabolic flow mismatches, conflicts between system stability and redundancy, etc., which are often ignored by many scholars.

Future Research Directions for Agricultural Systems in CELSS Environments.

In summary, lunar base agricultural research urgently needs to break down disciplinary barriers and establish cross-domain knowledge-sharing mechanisms. Researchers should actively follow and integrate technological breakthroughs from adjacent fields such as materials science, energy engineering, and in-situ resource utilization, viewing lunar agriculture as a complex engineering endeavor involving multiple coupled systems, rather than a simple extension of traditional agronomy, biology, or physical sciences [24, 25, 26, 27, 28, 29].

Over the past five years, with the advancement of major projects like the US Artemis program and China's crewed lunar landing plans, the demand for long-term life support for extraterrestrial bases has become unprecedentedly urgent. The new wave of space exploration targeting lunar research stations regards CELSS as a key technology, reigniting research fervor. The author believes future research needs to focus on the following directions:

Focus on the Long-Term Stability and Resilience of Crop Components within CELSS

As components (or units) of CELSS, maintaining their long-term stable operation is the ultimate challenge. Long-term ground-based experiments like "Lunar Palace 365" have demonstrated system feasibility under ideal conditions, but in the real lunar environment, systems will face more uncertain disturbances.

Biotic Community Stability: The long-term dynamic balance of interrelationships among plants, microorganisms, and potentially animals (e.g., insects or fish as protein sources).

Nutrient Cycling Efficiency: Whether, under long-term operation, nutrient elements experience difficult-to-recover "leakage" or "immobilization," leading to declining system fertility.

System Resilience: The capacity and mechanisms for the system to self-recover to a stable state after significant disturbances (e.g., cascading effects triggered by internal environmental stresses). The introduction of more theories and methods is required.

In-Depth Analysis from Phenotype to Mechanism and Intelligent Design

To fundamentally enhance crop adaptation to combined stresses within CELSS environments, a comprehensive understanding of the underlying molecular, physiological, and genetic mechanisms is essential. The integration of high-throughput phenomics, transcriptomics, proteomics, metabolomics, and other multi-omics approaches enables the systematic reconstruction of regulatory networks governing plant responses – from stress perception and signal transduction to the formation of adaptive traits – under complex, combined stress conditions [25, 30].

For example, Italy's *Lunar Rice* project applies assisted evolution strategies to accelerate the breeding of rice varieties adapted to space-related constraints. Such studies not only contribute to the development of specialized crop varieties but, when combined with large-scale datasets and artificial intelligence or machine learning algorithms, also enable the construction of predictive models for plant growth and stress responses. These models provide the basis for intelligent optimization and precise control of environmental parameters within CELSS, thereby improving system efficiency and stability.

Emphasis on the Application of Eustress

Traditional research on crop production under controlled environments has primarily focused on minimizing stress-induced damage. However, concepts such as *stress acclimation* and *cross-adaptation* in ecology and agronomy suggest that moderate, well-controlled stress – referred to as *eustress* – can stimulate adaptive responses in plants. Such eustress factors may include targeted light spectrum modulation, moderate water deficit, short-term temperature fluctuations, or controlled nutrient limitation.

These mild stressors can “train” plants by activating endogenous defense and stress-response pathways, thereby enhancing tolerance to subsequent, more severe stresses and, in some cases, improving crop quality and nutritional value [30]. For instance, precise regulation of UV-B or blue light exposure has been shown to induce the synthesis of anthocyanins, flavonoids, and other antioxidant compounds in crops such as lettuce and tomato, enhancing both plant stress resistance (including radiation tolerance) and the health-promoting properties of the harvested products. Future research should therefore focus on systematically identifying optimal types, intensities, durations, and application stages of eustress suitable for crops cultivated in space-related environments.

Conclusions and Prospects for Further Research. The analysis of literature sources indicates that research on agricultural crop cultivation under simulated conditions, particularly within controlled ecological life support systems (CELSS/BLSS), has evolved over recent decades from demonstrating the fundamental feasibility of plant growth to the development of complex, system-oriented approaches. The current stage of this field is characterized by increasing attention to the integration of biological components into closed ecosystems and a reassessment of the role of agricultural crops not only as sources of food but also as functional elements that ensure the stability of matter and energy exchange within the system.

The synthesis of scientific evidence shows that fragmented approaches focused on optimizing individual growth factors or crop productivity are insufficient to ensure the long-term and reliable functioning of simulated agroecosystems. Of particular importance is the issue of system integration, in which locally efficient technological or biological solutions may lead to imbalances in gas exchange, disruption of biogeochemical cycles, and a reduction in overall system resilience under isolated conditions.

Future research in this area should prioritize interdisciplinary approaches that integrate advances in agronomy, plant physiology, microbiology, systems ecology, and engineering sciences. Key directions include the selection and breeding of crop species

with high tolerance to the combined stress factors of simulated environments, the development of intelligent control systems based on real-time physiological feedback, and the exploration of controlled stress (eustress) applications to enhance plant adaptive potential.

Further progress in research on crop cultivation under simulated conditions, particularly for lunar agricultural applications, should be grounded in a system-level perspective that views agroecosystems as dynamic, multi-component entities. Such an approach will provide the scientific basis for improving the stability, efficiency, and bioregenerative capacity of CELSS and will support the practical implementation of sustainable agricultural production for long-term human presence beyond Earth.

REFERENCES:

1. Ming D. W., Henninger D. L. *Lunar Base Agriculture: Soils for Plant Growth*. Madison: American Society of Agronomy, 1989. 234 p. <https://doi.org/10.2134/1989.lunarbaseagriculture>
2. Hossner L. R., Ming D. W., Henninger D. L. Lunar outpost agriculture. *Endeavour*. 1991. Vol. 15, No. 2. P. 79–85. [https://doi.org/10.1016/S0160-9327\(05\)80009-2](https://doi.org/10.1016/S0160-9327(05)80009-2)
3. Hill W. A. Growing root, tuber and nut crops hydroponically for CELSS. *Advances in Space Research*. 1992. Vol. 12, No. 5. P. 125–131. [https://doi.org/10.1016/0273-1177\(92\)90018-S](https://doi.org/10.1016/0273-1177(92)90018-S)
4. McKay D. S., Heiken G., Basu A. et al. The lunar regolith. In: *Lunar Sourcebook*. Cambridge: Cambridge University Press, 1991. P. 285–356.
5. Kozyrovska N. O., Lutvynenko T. L., Korniihuk O. S. et al. Growing pioneer plants for a lunar base. *Advances in Space Research*. 2006. Vol. 37. P. 93–99. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2005.03.005>
6. Zhang L. The feasibility research on reusing high salinity wastewater as a plant nutrient medium for hydroponics in CELSS. *Space: Science & Technology*. 2022. Article ID 9853421. <https://doi.org/10.34133/2022/9853421>
7. Zhou C., Sun Y., Li J. et al. The production of solid wastes in CELSS and the difficulties in recycling by composting: A review. *Space: Science & Technology*. 2024. Article ID 0154. <https://doi.org/10.34133/space.0154>
8. Shen Y. Effects of photoperiod on wheat growth, development and yield in CELSS. *Acta Astronautica*. 2014. Vol. 105. P. 24–29. <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2014.08.024>
9. Link B. M., Busse J. S., Stankovic B. et al. Spaceflight effects on plant growth and development. *Advances in Space Research*. 2003. Vol. 31, No. 10. P. 2231–2240.
10. Kiss J. Z., Wolverson C., Wyatt S. E. Plant biology in reduced gravity environments. *Plant Biology*. 2014. Vol. 16, Suppl. 1. P. 1–9. <https://doi.org/10.1111/plb.12037>
11. Hendrickx L., De Wever H., Hermans V. et al. Microbial ecology of the MELiSSA life support system. *Advances in Space Research*. 2006. Vol. 38. P. 111–117.
12. Lasseur C., Brunet J., De Wever H. et al. MELiSSA: The European project of closed life support system. *Advances in Space Research*. 2010. Vol. 45. P. 124–131.
13. Liu H., Fu Y., Xie B. et al. Lunar Palace 1: A closed artificial ecosystem for long-term life support. *Acta Astronautica*. 2018. Vol. 146. P. 233–242.
14. Xie G., Ding J., Zhang Y. et al. The first biological experiment on the lunar surface for humankind: Device and results. *Acta Astronautica*. 2024. Vol. 214. P. 216–223. <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2023.10.023>
15. Yemets A. I., Shadrina R. Yu., Blume Ya. B. et al. Development of autophagy as an adaptive response of plants to microgravity. *Factors of Experimental Evolution of Organisms*. 2019. Vol. 25. P. 327–332.
16. Yemets A. I., Shadrina R. Yu., Plokhovska S. H., Blume Ya. B. Autophagy formation under simulated microgravity conditions. *npj Microgravity*. 2024. Vol. 10. Article 31. <https://doi.org/10.1038/s41526-024-00381-9>

17. Plokhovska S. H., Shadrina R. Yu., Yemets A. I., Blume Ya. B. The role of nitric oxide in *Arabidopsis* response to simulated microgravity. *Cytology and Genetics*. 2022. Vol. 56, No. 3. P. 244–252. <https://doi.org/10.3103/S0095452722030100>
18. Sun J., Gao W., Ding X. et al. Inherent lunar water enabled photothermal CO₂ catalysis. *Joule*. 2025. Vol. 9, No. 7. <https://doi.org/10.1016/j.joule.2025.102006>
19. Tang Y., Wang J., Zhang H. et al. Development of a CELSS experimental facility. *Advances in Space Research*. 2008. Vol. 41, No. 5. P. 725–729. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2007.09.029>
20. Massa G. D., Kim H. H., Wheeler R. M., Mitchell C. A. Plant productivity in response to LED lighting. *HortScience*. 2016. Vol. 51, No. 8. P. 945–952. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.43.7.1951>
21. Gómez C., Morrow R. C., Bourget C. M., Massa G. D., Mitchell C. A. Comparison of LED and HPS lighting for greenhouse crops. *HortTechnology*. 2013. Vol. 23, No. 1. P. 93–98. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.23.1.93>
22. Nelson G. A. Space radiation and human exposures: A primer. *Radiation Research*. 2016. Vol. 185, No. 4. P. 349–358. <https://doi.org/10.1667/RR14311.1>
23. Hasegawa P. M., Bressan R. A., Zhu J. K., Bohnert H. J. Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Annual Review of Plant Biology*. 2001. Vol. 52. P. 463–499. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.51.1.463>
24. Crawford I. A. Lunar resources: A review. *Progress in Physical Geography*. 2015. Vol. 39, No. 2. P. 137–167.
25. Carillo P., Morrone B., Fusco G. M., De Pascale S., Rouphael Y. Challenges for a sustainable food production system on board of the international space station: A technical review. *Agronomy*. 2020. Vol. 10, No. 5. Article 687. <https://doi.org/10.3390/agronomy10050687>
26. Romano D. et al. Turning earthworms into moonworms: Earthworms colonization of lunar regolith as a bioengineering approach supporting future crop growth in space. *Heliyon*. 2023. Vol. 9, No. 3. e14683. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14683>
27. Miyajima H. Self-sustainable life support system trade study for lunar farming. *International Journal of Microgravity Science and Application*. 2020. Vol. 37, No. 3. 370304. <https://doi.org/10.1501/ijmsa.37.3.370304>
28. Wheeler R. M. Agriculture for space: People and places paving the way. *Open Agriculture*. 2017. Vol. 2, No. 1. P. 14–32. <https://doi.org/10.1515/opag-2017-0002>
29. Verbeelen T., Leys N., Ganigué R., Mastroleo F. Development of nitrogen recycling strategies for bioregenerative life support systems in space. *Frontiers in Microbiology*. 2021. Vol. 12. Article 700810. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.700810>
30. Zhou R., Yu X., Zhao T. et al. Hormonal and environmental signaling in plant stress resistance. *Plant Communications*. 2021. Vol. 2, No. 4. Article 100180.

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 635.21:632.4

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.3.12>

МОНІТОРИНГ СТІЙКОСТІ СОРТІВ КАРТОПЛІ ДО ОСНОВНИХ ПАТОГЕНІВ

Татарінова В.І. — к.с.-г.н., доцент кафедри захисту рослин,
Сумський національний аграрний університет
orcid.org/0000-0001-5008-2276

Деменко В.М. — к.с.-г.н., доцент кафедри захисту рослин,
Сумський національний аграрний університет
orcid.org/0000-0002-8264-2802

Ємець О.М. — к.б.н., доцент кафедри захисту рослин,
Сумський національний аграрний університет
orcid.org/0000-0003-1228-1439

Бурдуланюк А.О. — к.с.-г.н.,
доцент кафедри захисту рослин,
Сумський національний аграрний університет
orcid.org/0000-0002-9258-7456

Півторайко В.В. — доктор філософії,
старший викладач кафедри захисту рослин,
Сумський національний аграрний університет
orcid.org/0000-0002-0179-8646

Картопля є стратегічною складовою продовольчої безпеки України, проте реалізація її біологічного потенціалу в різних регіонах суттєво лімітується агресивним впливом комплексу фітопатогенів. Глобальні зміни клімату змінили умови вегетації культури та модифікували розвиток шкідливих організмів. Саме тому селекція на імунітет та використання генетично стійких сортів визнані пріоритетним напрямом, що дозволяє мінімізувати хімічне навантаження на довкілля та підвищити рентабельність галузі. Генетична стійкість є ресурсом, що забезпечує стабільність агроценозів, проте під впливом кліматичних стресів та мутацій патогенів рівень резистентності сортів може знижуватися. Саме тому критично важливим є системний скринінг та ідентифікація генотипів, здатних демонструвати стабільну адаптивну резистентність у конкретних ґрунтово-кліматичних зонах.

Значний негативний вплив на продуктивність та якісні показники картоплі мають фітофтороз та альтернаріоз, ризоктоніоз, парша, суха та мокра гнилі. У статті представлено результати фітосанітарного моніторингу насаджень картоплі в умовах північно-східного Лісостепу України. Встановлено, що більшість досліджуваних сортів мають середню стійкість до альтернаріозу. Найвищий рівень резистентності виявили сорти Щедрик (24,7%), Торнадо (25,0%), Княгиня (23,8%) та Слов'янка (25,1%). Дослідження ураженості фітофторозом засвідчило відсутність абсолютної імунності серед досліджуваного набору сортів. До групи середньостійких віднесено Торнадо, Щедрик, Белларозу, Слов'янку та Княгиню (ураженість 38,1–49,8%), тоді як сорти Гранада та Санте виявилися найбільш сприйнятливими (понад 63%).

Комплексну резистентність до ризоктоніозу, парші, сухої та мокрої гнилей продемонстрували сорти: Щедрик, Торнадо, Беллароза, Мирослава, Фантазія, Слов'янка та Княгиня. Виділені за стійкістю сорти (Щедрик, Торнадо, Княгиня) максимально реалізували свій генетичний потенціал, забезпечивши врожайність на рівні 23,5–26,2 т/га. Ці сорти визначено як найбільш перспективні для стабільного виробництва в ґрунтово-кліматичних умовах Сумської області.

Ключові слова: картопля, сорт, хвороби, продуктивність, стійкість.



Tatarynova V.I., Demenko V.M., Yemets O.M., Burdulaniuk A.O., Pivtorayko V.V.
Monitoring the resistance of potato cultivars to major pathogens

Potato is a strategic component of Ukraine's food security; however, the realization of its biological potential in different regions is significantly limited by the aggressive impact of a complex of phytopathogens. Global climate change has altered crop vegetation conditions and modified the development of harmful organisms. Therefore, breeding for immunity and the use of genetically resistant cultivars are recognized as a priority direction, allowing the minimization of chemical pressure on the environment and an increase in the profitability of the sector. Genetic resistance is a resource that ensures the stability of agroecosystems; however, under the influence of climatic stresses and pathogen mutations, the level of cultivar resistance may decline. Thus, systematic screening and identification of genotypes capable of demonstrating stable adaptive resistance in specific soil and climatic zones are critically important.

Late blight and early blight, rhizoctonia disease, scab, dry rot, and soft rot have a significant negative impact on potato productivity and quality parameters. The article presents the results of phytosanitary monitoring of potato plantations under the conditions of the north-eastern Forest-Steppe of Ukraine. It was established that most of the studied cultivars exhibit moderate resistance to early blight. The highest level of resistance was recorded in the cultivars Shchedryk (24.7%), Tornado (25.0%), Knyahynia (23.8%), and Slovyanka (25.1%). The study of late blight incidence confirmed the absence of absolute immunity among the tested cultivars. The cultivars Tornado, Shchedryk, Bellarosa, Slovyanka, and Knyahynia were classified as moderately resistant (disease incidence of 38.1–49.8%), whereas Granada and Sante were the most susceptible (over 63%).

Complex resistance to rhizoctonia disease, scab, dry rot, and soft rot was demonstrated by the cultivars Shchedryk, Tornado, Bellarosa, Myroslava, Fantaziia, Slovyanka, and Knyahynia. The cultivars identified as resistant (Shchedryk, Tornado, Knyahynia) maximally realized their genetic potential, providing yields of 23.5–26.2 t/ha. These cultivars were identified as the most promising for stable production under the soil and climatic conditions of Sumy region.

Key words: potato, cultivar, diseases, productivity, resistance.

Актуальність теми дослідження. Аналіз екологічної та енергетичної ситуації в галузі рослинництва свідчить про те, що досягнення високої врожайності безпосередньо залежить від селекційної адаптації сортів до мінливих ґрунтово-кліматичних умов. В умовах нестабільного клімату та дефіциту енергоносіїв лише використання адаптивних сортів дозволяє мінімізувати ризики та гарантувати високі врожаї. Використання сортів, генетично стійких до патогенів, є фундаментом екологізації агропромисловості та ключовим чинником підвищення врожайності, зокрема картоплі [4, с.35; 7, с.121]. Сучасні дослідження фіксують небезпечні тенденції: трансформацію видового складу збудників, а також зростання їхньої агресивності та вірулентності. Дестабілізація фітосанітарного стану спричинена також глобальними кліматичними змінами. Така ситуація ставить під загрозу продовольчу безпеку та підриває експортний потенціал країни [10, с.106; 11, с.8].

Значний негативний вплив на продуктивність та якісні показники картоплі мають фітофторозна та альтернаріозна плямистості вегетативної маси. Постійна еволюційна мінливість та мутаційні процеси у популяціях збудників призводять до поступової втрати сортової стійкості. Як наслідок, раніше резистентні сорти в умовах масового виробництва стають вразливими, що зумовлює необхідність додаткового застосування засобів захисту [3, с.132; 12, с.36].

Фітопатогенний комплекс супроводжує картоплю на всіх етапах – від вегетації до тривалого зберігання. При зберіганні врожаю провідне місце посідає суха фузаріозна гниль, збудниками якої є гриби роду *Fusarium spp.* (зокрема *F. solani*, *F. sambucinum* та *F. oxysporum*). Оскільки ці мікроорганізми належать до раневих патогенів, будь-який механічний травматизм бульб різко інтенсифікує їх розвиток та сприяє формуванню змішаних гнилей. Водночас абіотичні чинники, зокрема суха та спекотна погода, стимулюють поширення парші звичайної (*Streptomyces scabies*), яка досить сильно нівелює товарну привабливість продукції та погіршує її лежкість [2, с.84; 9, с.54].

Серед бактеріозів картоплі особливу небезпеку становить мокра бактеріальна гниль, спричинена патогенами бактеріального походження. Проникнення цих збудників у рослинні тканини провокує глибокі фізіологічні розлади та загальне ослаблення культури, що неминуче призводить до втрати продуктивності [6, с.95;].

Впровадження у виробництво сортів, генетично стійких до збудників основних хвороб картоплі, є стратегічно важливим кроком для мінімізації втрат урожаю та покращення його якісних характеристик. Генетичний потенціал стійкості сортів картоплі до фітопатогенів є стратегічним ресурсом, що забезпечує не лише стабільну врожайність, а й високу екологічну безпеку кінцевої продукції. Однак під тиском біотичного навантаження та мінливих абіотичних факторів рівень сортової стійкості може суттєво деградувати. З огляду на це, стратегічним напрямом досліджень постає скринінг та ідентифікація сортів із високим адаптивним потенціалом та стабільною резистентністю у специфічних ґрунтово-кліматичних умовах.

Постановка проблеми. Посідаючи провідне місце серед стратегічних сільськогосподарських культур України, картопля культивується майже в усіх її природно-географічних зонах. Важливого значення вона набуває і в зоні північно-східного лісостепу України, ґрунтово-кліматичні параметри якого створюють передумови для реалізації її високого потенціалу врожайності. Проте, одним із вирішальних факторів, що лімітує продуктивність картоплі в цьому регіоні, є інтенсивне ураження рослин комплексом фітопатогенів.

Рівень патогенності хвороб визначається генетичною стійкістю сорту та гідротермічними умовами, які можуть стимулювати або стримувати розвиток патогенів. Сучасні кліматичні трансформації в Україні безпосередньо вплинули на вегетацію картоплі, а також на динаміку розвитку шкідників і хвороб. У системі захисту картоплі саме виведення стійких сортів визнано найбільш економічно виправданим та екологічно пріоритетним методом [1, с.122; 8, с.26; 10, с. 107].

Тому метою наших досліджень було виділення серед наявного сортового різноманіття картоплі найбільш адаптованих зразків, здатних протистояти фітопатогенному навантаженню та забезпечувати стабільно високі показники врожайності у ґрунтово-кліматичних умовах Сумської області. Дослідження зосереджені на пошуку сортів картоплі, здатних забезпечувати максимальну врожайність на фоні високої резистентності до збудників захворювань в умовах конкретної природно-кліматичної зони.

Методика досліджень. Наукові дослідження проводили впродовж 2023–2025рр. на базі Навчально-науково-виробничого комплексу Сумського НАУ в агрокліматичних умовах північно-східного лісостепу України. Ґрунтовий покрив дослідного поля представлений чорноземами типовими глибокими малогумусними. За гранулометричним складом вони класифікуються як середньосуглинкові великопиливаті, що характеризуються сприятливими водно-фізичними властивостями та високим потенціалом родючості для картоплі.

Дослідний матеріал представлений сортами картоплі різних термінів дозрівання: ранні – Беллароза (контроль), Щедрик, Ред Скарлет, Торнадо; середньоранні – Мирослава (контроль), Гранада, Санте, Фантазія; середньостиглі – Слов'янка (контроль), Королева Анна, Княгиня, Бельмонда.

Польові дослід з вивчення впливу сортових особливостей картоплі на розвиток хвороб закладалися згідно з методичними рекомендаціями Інституту картоплярства НААН України [5, с.105;]. Дослід закладали методом систематичних повторень, повторність дослідів – чотириразова. Площа ділянки – 32 м², облікової – 25 м². Агротехніка загальноприйнята для зони Сумської області. Оцінку стійкості

сортів та статистичну обробку результатів проводили у відповідності до загально-прийнятих методик [13, с.54; 14, с.208].

Результати досліджень. Моніторинг стану посівів досліджуваних сортів картоплі упродовж вегетаційних періодів 2023–2025 рр. засвідчив, що видова структура хвороб вегетативної маси варіювала залежно від їх групи стиглості та метеорологічних умов сезону вегетації. Так, вегетаційний період 2023 року був досить сприятливим для вегетації картоплі і розвитку плямистостей листя. Розвиток альтернаріозу у 2023 році на досліджуваних сортах картоплі становив від 19,3 % до 57,5 %. Дещо вищим виявився розвиток фітофторозу, і коливався у межах 36,5–64,5 % (табл. 1).

Метеоумови 2024 року характеризувалися переважно сухою спекотною погодою. Така гідротермічна ситуація чинила депресивний вплив на рослини картоплі упродовж усіх етапів органогенезу. Відсутність опадів і високі температури не сприяли масовому ураженню рослин фітофторозом (22,6 – 51,2%), але водночас були оптимальними для інтенсивного поширення альтернаріозу (33,1– 63,1%) (табл. 1).

Таблиця 1

Ураженість сортів картоплі альтернаріозом і фітофторозом (2023–2025 рр.)

№	Варіанти	Розвиток альтернаріозу, %				Розвиток фітофторозу, %			
		2023 р.	2024 р.	2025 р.	середнє	2023 р.	2024 р.	2025 р.	середнє
ранні									
1	Беллароза (ст.)	35,2	57,8	42,7	45,2	46,0	34,8	68,7	49,8
2	Щедрик	20,4	35,5	18,2	24,7	55,8	25,4	59,0	46,73
3	Ред Скарлет	57,5	63,1	48,5	56,3	59,7	41,0	78,4	59,7
4	Торнадо	19,3	34,3	21,5	25,0	36,5	22,6	55,2	38,1
середньоранні									
5	Мирослава (ст.)	42,3	65,8	34,4	47,5	56,6	38,1	79,4	58,03
6	Гранда	53,2	68,4	48,2	56,6	64,5	47,4	81,2	64,3
7	Санте	54,4	67,3	49,5	57,0	60,7	51,2	77,5	63,1
8	Фантазія	45,2	59,4	47,2	50,6	59,3	39,7	71,4	56,8
середньостиглі									
9	Слов'янка (ст.)	19,4	35,3	20,8	25,1	48,4	36,3	60,2	48,3
10	Королева Анна	29,7	48,5	33,2	37,1	54,1	30,2	79,2	54,5
11	Княгиня	20,2	33,1	18,3	23,8	45,8	29,4	58,2	44,4
12	Бельмонда	38,6	41,3	36,7	38,8	59,6	45,7	71,8	59,0

Примітка: * ст. – сорт стандарт

Погодні умови 2025 року, зокрема рясні опади і помірні температури у другій половині вегетації картоплі, були сприятливими для ефективного формування бульб та інтенсивного приросту врожаю. Такі умови були несприятливими для розвитку альтернаріозу, ураженість яким становила від 21,5 до 49,5%, але сприяли інтенсивному ураженню фітофторозом (55,2 – 81,2%) (табл. 1).

Встановлено, що ключове місце у патогенному комплексі всіх досліджуваних зразків посідає фітофтороз і альтернаріоз. Ураження альтернаріозом було відмічено на всіх досліджуваних сортах (табл.1), що свідчить про високу сприйнятливості сортового складу до цього патогену в умовах експерименту. Розвиток альтернаріозу в середньому за три роки для ранніх сортів становив 24,7– 56,3%. Середньоранні сорти мали відсоток розвитку хвороби у межах від 47,5 до 57,0%. У групі середньостиглих сортів розвиток захворювання відмічався у межах від 23,8 до 38,8%.

За даними трирічних досліджень встановлено, що відносно стійкими до ураження альтернаріозом були сорти: ранні – Щедрик, Торнадо (розвиток хвороби в кінці вегетації становив 24,7 та 25,0 %, відповідно); середньостійкими та більш

сприйнятливими до збудника альтернаріозу виявились сорти з групи середньоранніх – найвищий показник розвитку у сортів Гранада і Санте (розвиток хвороби в кінці вегетації становив 56,6 – 57,0 %). У групі середньостиглих сортів стійкими виявились Слов'янка і Княгиня (25,1; і 23,8 %, відповідно). Сорти Королева Анна і Бельмондо проявили середню стійкість (37,1 і 38,8 %) (табл. 1). В процесі проведеного аналізу виділено сорти картоплі, що проявляють відносну стійкість до альтернаріозу в специфічних умовах регіону. Використання цих генотипів у виробництві дозволяє оптимізувати систему захисту шляхом зменшення кратності фунгіцидних обробок. Це сприяє зниженню собівартості вирощування та, як наслідок, забезпечує суттєве зростання рівня рентабельності культури.

Трирічний моніторинг фітосанітарного стану посівів дозволив встановити, що розвиток альтернаріозу мав мінливий характер. Ключовими чинниками варіативності інтенсивності хвороби виступили сортові особливості картоплі та специфіка метеорологічних умов кожного року досліджень. Найбільш сприятливим для розвитку хвороби виявився 2024 рік, який характеризувався піковими показниками ураження листя у всіх групах стиглості. Середньогруповий показник розвитку хвороби у цей період зріс у середньому в 1,5 раза порівняно з 2023 та 2025 роками. Високу стійкість продемонстрували сорти Княгиня (23,8%), Щедрик (24,7%) та Торнадо (25,0%), у яких середній рівень розвитку хвороби не перевищував поріг у 25%. Помірно стійкими виявились сорти Королева Анна (37,1%), Бельмонда (38,8%) та сорти стандарти Беллароза (45,2%) і Мирослава (47,5%). Високу сприйнятливість до хвороби виявили сорти Санте (57,0%), Гранада (56,6%) та Ред Скарлет (56,3%). На цих варіантах ураження у 2024 році сягало 63,1– 68,4%, що свідчить про низький адаптивний потенціал до даного патогену в умовах регіону досліджень.

У 2023 році спостерігалось стрімке прогресування фітофторозу до кінця вегетації, що було спричинено сприятливими погодними умовами. До завершення вегетаційного періоду ураження серед групи ранніх сортів становило від 36,5% до 59,7% ; середньоранніх сортів (56,6 % до 64,5); середньостиглих сортів (45,8– 59,6%).

Розвиток фітофторозу у 2024 році мав суттєві відмінності. Переважання сухої та жаркої погоди протягом вегетації стримувало активність патогену, що призвело до помірного рівня розвитку хвороби: ранні сорти (22,6%– 41,0%); середньоранні сорти (38,1% до 51,2); середньостиглі сорти (29,4– 45,7%).

Сезон 2025 року був найбільш сприятливим для патогену. Хвороба стрімко прогресувала до кінця вегетації завдяки подальшим сприятливим погодним умовам (висока вологість і помірна температура), досягнувши максимального розвитку, який становив серед групи ранніх сортів від 55,2% до 78,4% ; середньоранніх сортів (71,4 до 81,2%); середньостиглих сортів (58,2– 79,2%) (табл. 1).

Найвищу стійкість до фітофторозу проявили ранні сорти. У цій групі найкращі показники продемонстрував сорт Торнадо. Його середній показник ураженості становить 38,1 %, що значно нижче за сорт стандарт Беллароза (49,8 %). Сорт Щедрик (46,73 %) також виявився дещо стійкішим за стандарт. Отже, відносно стійкими до фітофторозу виявились сорти Торнадо (38,1 %), Щедрик (46,73 %), Беллароза (49,8 %), Княгиня (44,4 %), Слов'янка (48,3 %).

За результатами фітопатологічної експертизи встановлено, що інтенсивність ураження бульб ранньої групи сортів збудниками парші і гнилей варіювала залежно від виду збудника та генотипу сорту. Зокрема, поширення ризоктоніозу становило 18,0–33,5 %, парші звичайної – 5,7–15,3 %, сухої фузаріозної гнилі – 7,1–13,6 %,

а мокрої гнилі – 6,6–12,3 %. Комплексною стійкістю до вищезазначених хвороб відзначився сорт Щедрик, на якому зафіксовано мінімальні показники ураження: ризиктоніозом (19,6 %), паршею (5,7 %), сухою (7,1 %) та мокрою (6,6 %) гнилями. Високу резистентність до ризиктоніозу та сухої гнилі продемонстрував також сорт Торнадо (18,0 % та 8,5 % відповідно), тоді як сорт Беллароза виявив кращу стійкість до парші (8,7 %) та мокрої гнилі (7,5 %) (табл. 2).

Таблиця 2

**Вплив сортових особливостей на ураженість бульб картоплі
(середнє за 2023–2025рр.), %**

№	Варіанти	Ризиктоніоз	Звичайна парша	Суха гниль	Мокра гниль
ранні					
1	Беллароза (ст.)	19,6	5,7	7,1	6,6
2	Щедрик	20,6	8,7	12,7	7,5
3	Ред Скарлет	33,5	15,3	13,6	12,3
4	Торнадо	18,0	11,8	8,5	10,2
середньоранні					
5	Мирослава (ст.)	15,7	17,4	12,4	18,2
6	Гранада	43,9	26,4	17,8	62,3
7	Санте	37,5	29,5	26,3	32,4
8	Фантазія	26,2	21,4	10,1	11,8
середньостиглі					
9	Слов'янка (ст.)	18,7	12,3	10,4	19,3
10	Королева Анна	31,8	39,7	11,3	39,5
11	Княгиня	19,8	10,8	5,3	12,9
12	Бельмонда	39,4	27,3	18,6	32,1

Примітка: *ст. – сорт стандарт

Аналіз результатів дослідження виявив у групі середньоранньої картоплі значну диференціацію сортів за рівнем стійкості до основних хвороб бульб. Ураженість патогенами варіювала в наступних межах: ризиктоніоз – 15,7–43,9%; парша звичайна – 17,4–29,5%; суха фузаріозна гниль – 10,1–26,3%; мокра бактеріальна гниль – 11,8–62,3% (табл. 2). Високу стійкість до зазначених хвороб продемонстрував сорт Мирослава, ураженість ризиктоніозом (15,7%), паршею звичайною (17,4%), а також показав низьку сприйнятливість до сухої фузаріозної гнилі (12,4%). Сорт Фантазія відзначився найвищим рівнем резистентності до гнилей – як сухої фузаріозної (10,1%), так і мокрої бактеріальної (11,8%). Окремої уваги заслуговує сорт Гранада, у якого зафіксовано критично високий рівень ураження мокрою гниллю – 62,3%. Такий показник може бути свідченням про високу генетичну сприйнятливості сорту до даного патогену, що є суттєвим обмежуючим фактором. Цю особливість необхідно враховувати при плануванні сортової структури, особливо для регіонів або господарств з умовами підвищеної вологості ґрунту, де ризик розвитку бактеріозів є максимальним.

Серед сортів середньостиглої групи рівень розвитку хвороб знаходився у таких межах: ризиктоніоз – 18,7–39,4%; парша звичайна – 12,3–39,7%; суха фузаріозна гниль – 5,3–18,6%; мокра бактеріальна гниль – 12,9–39,5% (табл.2). Найкращі результати щодо стійкості до ризиктоніозу продемонстрували сорти Слов'янка (18,7%) та Княгиня (19,8%). Комплексну резистентність показав сорт Княгиня,

проявивши мінімальні рівні ураження паршею звичайною (10,8%), сухою фузаріозною гниллю (5,3%) та мокрою гниллю (12,9%).

Аналіз урожайності сортів картоплі за період 2023–2025 рр. свідчить про значну варіативність показників. Щедрик з урожайністю 25,4 т/га виявився найбільш продуктивним сортом у групі ранніх сортів. Приріст урожаю склав 5,8 т/га порівняно з сортом стандартом Беллароза. Відсотковий приріст є найвищим і становить +29,6 %. Торнадо також продемонстрував значний приріст урожаю +3,9 т/га (табл. 3).

Таблиця 3

Продуктивність сортів картоплі залежно від резистентності до основних хвороб, 2023–2025 рр.

Група стиглості	Сорти	Урожайність, т/га	Приріст врожаю, ± до стандарту	
			т/га	%
ранні	Беллароза (ст.)	19,6	–	–
	Щедрик	25,4	+5,8	+29,6
	Ред Скарлет	15,2	–4,4	–22,4
	Торнадо	23,5	+3,9	+19,9
НІР ₀₅		2,2	–	–
середньоранні	Миросяла (ст.)	21,3	–	–
	Гранада	16,3	–5,0	–23,5
	Санте	21,9	+0,6	+2,8
	Фантазія	21,5	+0,2	+0,9
НІР ₀₅		2,0	0,1	–
середньостиглі	Слов'янка (ст.)	22,3	–	–
	Королева Анна	20,9	–1,4	–6,3
	Княгиня	26,2	+3,9	+17,5
	Бельмонда	21,4	–0,9	–4,0
НІР ₀₅		1,8	–	–

Примітка: *ст. – сорт стандарт

Середньоранні сорти Санте і Фантазія, які характеризуються відносною стійкістю до основних хвороб, показали незначний приріст – Санте +0,6 т/га або +2,8 % до стандарту та Фантазія фактично на рівні зі стандартом (+0,2 т/га або +0,9 %). Низький показник врожайності (–5,0 т/га) сорту Гранада прямо корелює з високим ступенем ураження хворобами. У групі середньостиглих сортів слід відмітити сорт Княгиня, урожайність якого склала 26,2 т/га (3,9 т/га більше за стандарт). Високий приріст врожаю (+17,5 %) свідчить про потужну польову стійкість до хвороб. Отже, сорти картоплі Щедрик, Торнадо, Княгиня, які проявили високу резистентність до основних хвороб, максимально реалізували генетичний потенціал врожайності.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Проведений моніторинг фітосанітарного стану насаджень картоплі у північно-східному регіоні України засвідчив, що основна частина досліджуваних сортів характеризується середньою стійкістю до альтернаріозу. Водночас виділено генотипи з найвищим рівнем резистентності: серед ранньостиглої групи – Щедрик (24,7%) та Торнадо (25,0%), а серед середньостиглої – Слов'янка (25,1%) та Княгиня (23,8%).

Аналіз фітосанітарного стану засвідчив, що в умовах експерименту досліджувани сорти картоплі не проявили абсолютної імунності до фітофторозу. Сорти

Торнадо (38,1%), Щедрик (46,73%), Беллароза (49,8%), Слов'янка (48,3%) та Княгиня (44,4%) проявили середню стійкість до хвороби. Найвищу сприйнятливість до патогену продемонстрували сорти Гранада (64,3%) та Санте (63,1%). Така інтенсивність патогенезу підтверджує значний вплив гідротермічних чинників регіону, зокрема періодів підвищеної вологості, що сприяло зростанню агресивності збудника.

Групову стійкість до комплексу патогенів (ризиктоніозу, парші, сухої та мокрої гнилей) виявили сорти: Щедрик, Торнадо, Беллароза, Мирослава, Фантазія, Слов'янка та Княгиня. Сорти картоплі Щедрик, Торнадо, Княгиня, які проявили відносну стійкість до основних хвороб, також максимально реалізували генетичний потенціал врожайності (23,5 – 26,2 т/га). Ці сорти є найбільш перспективними для вирощування в умовах північно-східного регіону України, оскільки їхня генетична стійкість дозволяє отримувати значний приріст урожаю навіть у роки з високим інфекційним фоном.

Пріоритетним вектором майбутніх досліджень є інтеграція ідентифікованих сортів у структуру агрофітоценозів північно-східного Лісостепу України. Це дозволить оцінити їхню здатність стабільно формувати високу продуктивність та підтвердити адаптивність до мінливих факторів довкілля.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Бараболя О. В., Вакулюк Д. С., Прудкий Т. А. Вплив сортових особливостей картоплі на якість і лежкість. *Scientific Progress & Innovations*. 2021. № 4. С. 120–125.
2. Бородай В. В., Парфенюк А. І. Поширеність та розвиток основних хвороб картоплі (*Solanum tuberosum* L.) в Україні. *Агроекологічний журнал*. 2018. № 4. С. 82–87.
3. Голячук Ю., Калашук Д. Вплив сортових особливостей і фунгіцидів на розвиток основних грибних хвороб картоплі. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Серія: Агрономія*. 2016. Вип. 20. С. 132–136.
4. Зеля А., Скорейко А., Гаврилюк А., Андрійчук Т., Зеля Г., Нікорюк М. та ін. Оцінка стійкості картоплі до збудників хвороб, поширених в Україні. *Вісник аграрної науки*. 2022. Т. 100, № 8. С. 33–40.
5. Кононученко В. В., Куценко В. С., Осипчук А. А. Методичні рекомендації щодо проведення досліджень з картоплею. Немішаєве, 2012. 184 с.
6. Невмержицька О. М., Карась І. Ф., Плотницька Н. М., Гурманчук О. В. Вплив мокрої бактеріальної гнилі на продуктивність різних за стійкістю сортів картоплі. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2021. Вип. 122. С. 91–98.
7. Остренко М. В., Правдива Л. А., Федорук Ю. В., Грабовський М. Б., Правдивий С. П. Продуктивність картоплі залежно від сортових особливостей за вирощування в Правобережному Лісостепу України. *Агробіологія*. 2020. № 1. С. 120–127.
8. Павлов А., Ільчук Р., Вавринович О., Рудавська Н. Стійкість гібридів картоплі проти хвороб у поєднанні з господарсько цінними показниками. *Агронаука і практика*. 2024. Т. 3, № 2. С. 24–30.
9. Плотницька Н. М., Гурманчук О. В., Невмержицька О. М., Харчишин Т. Г., Король А. М. Розвиток основних хвороб картоплі залежно від сортових особливостей. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2023. Вип. 40. С. 53–59.
10. Польовий А. М., Божко Л. Ю., Барсукова О. А. Вплив погодних умов на формування врожаїв картоплі в Західному Поліссі. *Екологічні науки*. 2021. № 3 (36). С. 104–109.

11. Тактаєв Б. А., Подберезко І. М. Розвиток хвороб на сортах картоплі різних груп стиглості на природному інфекційному фоні в зоні південного Полісся України. *Картоплярство: міжвідомчий тематичний науковий збірник*. Вінниця : ТОВ «Твори», 2020. Вип. 45. С. 3–14.

12. Татарінова В., Лапузін О. Стійкість сортів картоплі до фітофторозу та альтернаріозу. *Scientific Research in the Era of Digital Technologies: Challenges and Opportunities* : матеріали XLVI Міжнар. наук.-практ. конф. Barcelona : International Scientific Unity, 2024. С. 36–39.

13. Ткачик С. О. Методика проведення фітопатологічних досліджень за штучного зараження рослин. Київ : ТОВ «Нілан-ЛТД», 2014. 76 с.

14. Трибель С. О., Пилипенко Л. А., Бондарчук А. А., Сергієнко В. Г. Методологія оцінювання сортозразків картоплі на стійкість проти основних шкідників і збудників хвороб. Київ : Аграрна наука, 2013. 262 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 633.854.78:631.51:632.51(477.43)

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.3.13>

АГРОЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ВПЛИВУ СИСТЕМИ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ТА ДОГЛЯДУ ЗА ПОСІВАМИ НА ЗАБУР'ЯНЕНІСТЬ ПОСІВІВ СОНЯШНИКУ В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Тихун О.О. – аспірант кафедри садово-паркового господарства, геодезії і землеустрою,

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
orcid.org/0009-0005-3164-0822

Безвіконний П.В. – к.с.-г.н., доцент,

доцент кафедри садово-паркового господарства, геодезії і землеустрою,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
orcid.org/0000-0003-4922-1763

Тарасюк В.А. – к.с.-г.н., доцент,

доцент кафедри землеробства, ґрунтознавства та захисту рослин,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
orcid.org/0000-0002-4207-1013

У статті викладено результати впливу способів основного обробітку ґрунту та систем гербіцидного захисту на рівень забур'яненості посівів соняшнику в умовах західного Лісостепу України. Встановлено, що в середньому за 2024-2025 роки, видовий склад бур'янів був типовим для умов регіону та характеризувався переважанням малорічних ярих видів. Серед злакових домінували *Setaria glauca* та *Echinochloa crus-galli*, серед дводольних – *Chenopodium album*, *Amaranthus retroflexus* та інші види сегетальної рослинності. На контрольних варіантах без застосування гербіцидів рівень забур'яненості досягав 169,3 шт./м² у гібриду Суміко, 157,3 шт./м² у Сурест та 141,0 шт./м² у гібриду Арізона у фазі 6–7 листків. У фазі цвітіння ці показники зменшувалися до 105,7; 96,0 та 86,0 шт./м² відповідно, що пояснюється посиленням конкурентної здатності культури та змиканням листків соняшнику. Найефективнішим способом основного обробітку ґрунту була глибока оранка на 25–27 см, яка забезпечувала зниження забур'яненості до 22,3–28,3 шт./м² у фазі 6–7 листків та 17,0–22,8 шт./м² у фазі цвітіння. Мінімальний та нульовий обробіток ґрунту (дискування та No-till) сприяв зростанню кількості бур'янів до 60,3–73,8 шт./м², що пов'язано з накопиченням насіння бур'янів у поверхньому шарі ґрунту. Встановлено високу ефективність хімічного захисту посівів. Використання гербіциду Основа к.е. (2,5 л/га) забезпечувало зниження забур'яненості на 85–88 %, тоді як застосування бакової суміші Основа + Євро-Ленд дозволяло зменшити чисельність бур'янів до 6,7–9,3 шт./м² у фазі 6–7 листків та 9,3–14,3 шт./м² у фазі цвітіння, що відповідало 94–96 % ефективності порівняно з контролем. Серед досліджуваних гібридів найвищу конкурентну здатність проявив гібрид Арізона, який характеризувався найменшою чисельністю бур'янів у всіх варіантах досліду, що підтверджує доцільність використання інтенсивних гібридів у сучасних технологіях вирощування соняшнику.

Таким чином, ефективний контроль забур'яненості посівів соняшнику забезпечується комплексним застосуванням агротехнічних заходів, гербіцидного захисту та використання конкурентоспроможних гібридів культури.

Ключові слова: соняшник, гібрид, бур'яни, гербіциди, обробіток ґрунту, система захисту.

Tykhun O.O., Bezvikonnyi P.V., Tarasiuk V.A. Agroecological assessment of the influence of soil tillage and crop care systems on weed infestation of sunflower crops under the conditions of the western Forest-Steppe of Ukraine



© Тихун О.О., Безвіконний П.В., Тарасюк В.А., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

The article presents the results of the influence of primary soil tillage methods and herbicide protection systems on the level of weed infestation in sunflower crops under the conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine. It was established that, on average for 2024–2025, the species composition of weeds was typical for the region and was characterized by the predominance of annual spring species. Among grasses, *Setaria glauca* and *Echinochloa crus-galli* dominated, while among broadleaf weeds *Chenopodium album*, *Amaranthus retroflexus*, and other segetal species prevailed. In the control variants without herbicide application, weed infestation reached 169.3 plants/m² for the Sumiko hybrid, 157.3 plants/m² for Surest, and 141.0 plants/m² for Arizona in the 6–7 leaf stage. In the flowering stage, these indicators decreased to 105.7; 96.0; and 86.0 plants/m², respectively, due to increased competitive ability of the crop and leaf canopy closure. The most effective primary soil tillage method was deep ploughing at 25–27 cm, which reduced weed infestation to 22.3–28.3 plants/m² in the 6–7 leaf stage and 17.0–22.8 plants/m² in the flowering stage. Minimal and zero tillage (disking and No-till) increased weed numbers to 60.3–73.8 plants/m² due to weed seed accumulation in the upper soil layer. High efficiency of chemical crop protection was established. The use of the herbicide Osnova (2.5 l/ha) reduced weed infestation by 85–88%, while the tank mixture Osnova + Euro-Land reduced weed density to 6.7–9.3 plants/m² in the 6–7 leaf stage and 9.3–14.3 plants/m² in the flowering stage, corresponding to 94–96% effectiveness compared to the control. Among the studied hybrids, the Arizona hybrid demonstrated the highest competitive ability and the lowest weed density in all experimental variants, confirming the feasibility of using intensive-type hybrids in modern sunflower cultivation technologies.

Thus, effective weed control in sunflower crops is ensured by integrated use of agronomic practices, herbicide protection, and competitive crop hybrids.

Key words: sunflower, hybrid, weeds, herbicides, soil tillage, protection system.

Постановка проблеми. Соняшник (*Helianthus annuus* L.) є однією з найбільш економічно значущих олійних культур світового та вітчизняного аграрного виробництва. В Україні культура займає провідні позиції у структурі посівних площ олійних культур та відіграє важливу роль у формуванні експортного потенціалу аграрного сектору [15]. Високий вміст олії в насінні (понад 50 %), значна енергетична цінність продукції та добра адаптивність до умов помірного клімату зумовлюють стабільний попит на продукцію переробки соняшнику. Водночас інтенсифікація технологій вирощування культури супроводжується посиленням впливу біотичних факторів, серед яких одне з провідних місць займає забур'яненість посівів [10]. Особливої актуальності контроль бур'янів набуває в умовах змін клімату та поширення ресурсозберігаючих систем обробітку ґрунту, які впливають на формування видового складу та чисельність сегетальної рослинності [3].

У зв'язку з цим важливим науковим і практичним завданням є удосконалення систем основного обробітку ґрунту та гербіцидного захисту, спрямованих на ефективне регулювання забур'яненості посівів. Водночас питання оптимального поєднання різних систем обробітку ґрунту з сучасними гербіцидними препаратами в умовах західного Лісостепу України залишається недостатньо вивченим і потребує подальших досліджень.

Аналіз останніх досліджень. Проблема конкуренції між культурними рослинами та бур'янами є однією з ключових у сучасному рослинництві. Бур'яни створюють значний конкурентний тиск на агроценози, знижуючи доступність вологи, світла та поживних речовин. Особливо негативний вплив бур'янів проявляється на початкових фазах росту та розвитку соняшнику, коли рослини характеризуються повільним стартовим ростом і низькою конкурентною здатністю. Це пов'язано з особливостями морфогенезу культури та повільним формуванням листового апарату в ранні періоди вегетації [9].

Як зазначає S. O. Duke [17], ефективність сучасного землеробства значною мірою визначається використанням інтегрованих систем контролю бур'янів,

що сприяє зниженню ризику формування резистентних популяцій сеgetальної рослинності.

Іващенко О. М. [5] стверджує, що у посівах соняшнику формується змішаний тип забур'яненості з переважанням малорічних ярих видів бур'янів, тому контроль сеgetальної рослинності повинен здійснюватися впродовж усього вегетаційного періоду культури.

Іншим важливим аспектом є алелопатичний вплив бур'янів на культурні рослини. Кореневі виділення окремих видів сеgetальної рослинності можуть пригнічувати ріст і розвиток соняшнику, що додатково посилює негативний конкурентний ефект. Одночасно надземна маса бур'янів створює затінення посівів, знижує інтенсивність фотосинтетичних процесів, зменшує асиміляційну площу листків та уповільнює накопичення органічної речовини в рослинах [3].

Згідно з концепціями сталого землеробства, оцінювання ефективності агротехнологій повинно враховувати не лише продуктивність культури, але й екологічні наслідки виробництва. Дослідження Любицької Д. М. та ін. [16] підтверджують, що сучасні технології вирощування повинні забезпечувати збереження родючості ґрунтів, біологічної активності агроecosистем та мінімізацію антропогенного навантаження на довкілля.

Важливим елементом сучасних технологій вирощування є визначення гербокричного періоду культури. Для соняшнику він становить приблизно 40–50 днів від появи сходів до формування кошика. У цей період рослини найбільш чутливі до конкурентного тиску бур'янів, що підтверджується дослідженнями В. М. Григор'єва, А. Р. Федчука [2], які довели визначальний вплив гідротермічних умов на фізіологічні процеси рослин та ефективність поглинання діючих речовин гербіцидів.

Мазур С.О., Матусевич Г.Д. стверджують, що ефективність гербіцидного захисту залежить від правильного вибору діючих речовин, норм внесення та способів застосування препаратів. Особливого значення набуває використання бакових сумішей гербіцидів та ад'ювантів, які підвищують біологічну ефективність препаратів та забезпечують більш повний контроль бур'янів [8].

І. Д. Примак та ін. [12] вважають, що у формуванні фітосанітарного стану агроценозу важливу роль відіграє система основного обробітку ґрунту. Вона впливає на його аерацію, водний та поживний режими, інтенсивність мікробіологічних процесів та накопичення органічної речовини.

Дослідження В. М. Круть показують, що спосіб обробітку ґрунту істотно впливає на вертикальне розміщення насіння бур'янів у ґрунтового профілі. При безполіцевих системах обробітку до 50 % насіння бур'янів концентрується у шарі 0–10 см, що може як підвищувати, так і знижувати рівень забур'яненості залежно від погодних умов. За несприятливих умов низький рівень культури землеробства може сприяти масовому проростанню бур'янів, тоді як різкі коливання температури та вологості ґрунту можуть знижувати схожість насіння бур'янів та скорочувати період їх біологічного спокою [6].

Незважаючи на значну кількість досліджень у галузі гербології та технологій вирощування соняшнику, питання ефективності поєднання систем основного обробітку ґрунту з сучасними гербіцидними препаратами у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах західного Лісостепу України залишається недостатньо вивченим, що й зумовлює актуальність проведення подальших досліджень у цьому напрямі.

Метою досліджень було встановлення впливу систем основного обробітку ґрунту та гербіцидного захисту на рівень забур'яненості посівів соняшнику в умовах Західного Лісостепу України.

Методика досліджень. Дослідження проводились впродовж 2024-2025 років на дослідному полі ТОВ «Оранта» с. Чабанівка Кам'янець-Подільського району Хмельницької області.

Грунт дослідного поля – чорнозем типовий, малогумусний, середньосуглинковий на лесовидних суглинках. Вміст гумусу (за Тюріним) у шарі ґрунту 0–30 см становить 3,4–3,7 %. Вміст сполук азоту, що легко гідролізуються (за Корнфілдом) – 110–132 мг/кг, рухомого фосфору (за Чиріковим) – 92–108 мг/кг, обмінного калію (за Чиріковим) – 145–168 мг/кг ґрунту. Сума увібраних основ коливається в межах 21,2–23,8 мг-екв на 100 г ґрунту, гідролітична кислотність становить 0,82–1,05 мг-екв на 100 г ґрунту, ступінь насичення основами – 94–96 %.

Схема досліду включала наступні фактори: Фактор А – гібриди: 1. Суміко; 2. Сурест; 3. Арізона; Фактор В – Спосіб обробітку ґрунту: 1. Оранка, на 25–27 см; 2. Мілкий дисковий обробіток, на 10–12 см; 3. No-till технологія; Фактор С – Варіанти захисту від бур'янів: 1. Контроль (без гербіцидів); 2. Гербіцид Основа (ґрунтовий) к.е., 1,5-2,5 л/га; 3. Гербіцид Основа к.е., 1,5-2,5 л/га + Гербіцид Євро-Ленд р.к., 1,0-1,2 л/га (грунтовий + післясходовий); 4. Гербіцид Євро-Ленд р.к., 1,0-1,2 л/га + Гербіцид Геліантекс к.с., 0,045 л/га (післясходовий + післясходовий).

Загальна площа дослідної ділянки 18 м², облікова 12,5 м², повторність досліду триразова, ділянки розміщені рандомізовано. Забур'яненість посівів обліковували у фазі 6–7 листків та фазі цвітіння соняшнику кількісним методом з визначенням видового складу бур'янів на фіксованих майданчиках розміром 50*50 см або 0,25 м² [4]. Фенологічні спостереження, біометричні і фізіолого-біохімічні дослідження проводили відповідно до Методики дослідної справи в агрономії [12].

Результати досліджень. Аналіз експериментальних даних свідчить (табл. 1), що рівень фактичної забур'яненості посівів соняшника у фазі 6–7 листків значною мірою визначався способом основного обробітку ґрунту, системою гербіцидного захисту та біологічними особливостями гібридів. Видовий склад бур'янів на дослідних ділянках був типовим для умов західного Лісостепу України та характеризувався переважанням малорічних ярих видів, однорічних злакових і дводольних.

За результатами досліджень встановлено, що у посівах соняшнику домінували однорічні злакові та дводольні бур'яни. Серед злакових видів найбільш поширеними були *Setaria glauca* та *Echinochloa crus-galli*, які формували значну частку фактичної забур'яненості посівів. Серед дводольних бур'янів переважали *Chenopodium album*, *Amaranthus retroflexus*, *Tripleurospermum inodorum*, *Capsella bursa-pastoris*, *Galinsoga parviflora* та *Thlaspi arvense*. У видовому складі бур'янів на посівах соняшнику домінували малорічні ярі види, що відзначалися високою інтенсивністю проростання та масовою появою сходів у весняний період. Серед багаторічних бур'янів на дослідних ділянках зустрічались *Convolvulus arvensis* та *Elytrigia repens*, які створювали додаткову конкуренцію культурним рослинам за вологу та поживні речовини. Наявність цих видів свідчить про формування змішаного типу забур'яненості з переважанням малорічних бур'янів, що є типовим для пропасних культур в умовах західного Лісостепу України.

Таблиця 1

Рівень забур'яненості посівів соняшнику залежно від основного обробітку ґрунту та системи догляду за посівами (фаза 6–7 листків, 2024-2025 рр.), шт./м²

Гібрид (фактор А)	Спосіб основного обробітку ґрунту (фактор В)	Гербіцид (фактор С)				Середнє по фактору В	Середнє по фактору А
		Без внесення гербіцидів (κ)*	Основа к.е., 2,5 л/га	Основа к.е., 2,5 л/га + Гербіцид Євро-Ленд р.к., 1,0 л/га	Євро-Ленд р.к., 1,0 л/га + Гербіцид Геліантекс к.е., 0,045 л/га		
Суміко	Оранка 25–27 см	85	14	5	9	28,3	54,1
	Дискування 10–12 см	201	19	8	13	60,3	
	No-till технологія	222	33	15	25	73,8	
Середнє по фактору С		169,3	22,0	9,3	15,7		
Сурест	Оранка 25–27 см	78	12	4	8	25,5	49,8
	Дискування 10–12 см	186	17	7	12	55,5	
	No-till технологія	208	29	13	22	68,0	
Середнє по фактору С		157,3	19,3	8,0	14,0		
Арізона	Оранка 25–27 см	70	10	3	6	22,3	43,9
	Дискування 10–12 см	165	15	6	10	49,0	
	No-till технологія	188	24	11	18	60,3	
Середнє по фактору С		141,0	16,3	6,7	11,3		

Так, на контрольних варіантах (без застосування гербіцидів) сформувався високий ступінь забур'яненості, який в середньому становив 169,3 шт./м² у гібриду Суміко, 157,3 шт./м² у Сурест та 141,0 шт./м² у гібриду Арізона. Такі показники свідчать про значний вміст бур'янів у верхньому шарі ґрунту та інтенсивне їх проростання в умовах достатнього зволоження і температурного режиму. При цьому навіть за відсутності хімічного захисту на варіантах, де висівали гібрид Арізона, чисельність бур'янів була дещо нижчою, що можна пояснити його вищою конкурентною здатністю, швидшими темпами початкового росту та більш інтенсивним формуванням листової поверхні.

Дослідженнями встановлено, що застосування полицевої оранки на глибину 25–27 см забезпечило найменшу забур'яненість у всіх досліджуваних гібридів. Так, в середньому вона становила на варіантах гібриду Суміко – 28,3 шт./м², Сурест – 25,5 шт./м² та 22,3 шт./м² у гібриду Арізона. Це пояснюється переміщенням основної маси насіння бур'янів у глибші шари ґрунту, де воно втрачає схожість або не має можливості прорости.

На варіантах з дискуванням на 10–12 см спостерігали зростання чисельності бур'янів майже вдвічі, а застосування технології No-till призводило до максимального рівня забур'яненості – 73,8 шт./м² у гібрида Суміко, 68,0 у гібриду Сурест та 60,3 шт./м² у гібриду Арізона. Збільшення кількості бур'янів за мінімального та нульового обробітку пов'язане з концентрацією насіння у поверхневому шарі ґрунту, що створює сприятливі умови для масових сходів.

Застосування гербіцидів істотно зменшувало рівень забур'яненості незалежно від способу основного обробітку ґрунту. Використання препарату Основа (2,5

л/га) забезпечувало зниження чисельності бур'янів у середньому на 85–88% порівняно з контролем. Найвищу ефективність продемонструвала бакова суміш Основа + Євро-Ленд, де кількість бур'янів зменшувалася до 9,3 шт./м² у гібриду Суміко, 8,0 у гібриду Сурест та 6,7 шт./м² у гібриду Арізона, або на 94–96% в порівнянні до контролю. Підвищена результативність комбінованого застосування пояснюється різними механізмами дії діючих речовин та розширенням спектра контрольованих видів, що підтверджується дослідженнями В. А. Тарасюка, П. В. Безвіконного та S. O. Duke, які обґрунтовують доцільність бакових сумішей у системах інтегрованого захисту рослин.

Поєднання ґрунтового та післясходового гербіциду знижувало забур'яненість до рівня, близького до біологічного порогу шкодочинності, що створювало оптимальні умови для формування листової поверхні та генеративних органів сояшника.

Таким чином, встановлено, що мінімізація основного обробітку без адекватного гербіцидного захисту призводить до істотного підвищення забур'яненості посівів, тоді як поєднання глибокої оранки з ефективними баковими сумішами гербіцидів забезпечує формування посівів чистих від бур'янів. Гібрид Арізона виявився найбільш конкурентоздатним у всіх варіантах дослід, що підтверджує доцільність його використання в інтенсивних технологіях вирощування сояшника.

Отримані у дослідженнях результати підтверджують залежність рівня забур'яненості від технології вирощування та фаз розвитку сояшнику, що обумовлює доцільність подальшого аналізу фактичної забур'яненості посівів у фазі цвітіння культури.

Аналіз фактичної забур'яненості посівів сояшника у фазі цвітіння показав (табл. 2), що порівняно з фазою 6–7 листків спостерігалось закономірне зменшення кількості бур'янів незалежно від варіанта дослід. Це пояснюється посиленням ценотичної ролі культури, формуванням зімкнутого листового покриву та пригніченням пізніх хвиль сходів бур'янів. Подібні закономірності відображено у працях О. А. Бабенко [1], який встановив, що у фазі бутонізації–цвітіння сояшнику природне випадання бур'янів може становити 20–35% за рахунок конкуренції за світло і вологу.

Так, на контрольних варіантах (без застосування гербіцидів) кількість бур'янів у фазі цвітіння сояшнику становила в середньому 105,7 шт./м² у гібриду Суміко, 96,0 шт./м² у Сурест та 86,0 шт./м² у гібриду Арізона. Хоча ці показники нижчі, ніж у фазі 6–7 листків, вони свідчать про збереження високого рівня потенційної шкодочинності.

Спосіб основного обробітку ґрунту і надалі істотно впливав на рівень забур'яненості. На варіанті з оранкою на 25–27 см формувалися найчистіші посіви (17,0–22,8 шт./м² у середньому по гібридах). Застосування дискування, як способу основного обробітку ґрунту, призводило до зростання чисельності бур'янів майже у два рази, а за технології No-till їх кількість підвищувалася до 40,8–52,0 шт./м². Подібні закономірності також відзначено у дослідженнях В. М. Круть [6], який довів, що за мінімалізації обробітку у фазі цвітіння зберігається більша кількість пізніх ярих бур'янів через поверхневе розміщення насіння.

Застосування гербіцидів істотно знижувало чисельність бур'янів навіть у пізню фазу розвитку культури. Найвищу ефективність забезпечила бакова суміш Основа + Євро-Ленд, де забур'яненість становила 14,3; 11,7 та 9,3 шт./м² відповідно по гібридах.

Гібрид Арізона і у фазі цвітіння характеризувався найнижчою чисельністю бур'янів незалежно від способу основного обробітку ґрунту, що підтверджує його підвищену конкурентну здатність. Це також знаходить підтвердження у працях П. В. Писаренка [11], де підкреслюється, що гібриди інтенсивного типу завдяки швидкому початковому росту та інтенсивному формуванню вегетативної маси здатні ефективніше пригнічувати розвиток бур'янів.

Таблиця 2

Рівень забур'яненості посівів соняшнику залежно від основного обробітку ґрунту та системи догляду за посівами (фаза цвітіння, 2024-2025 рр.), шт./м²

Гібрид (фактор А)	Спосіб основного обробітку ґрунту (фактор В)	Гербіцид (фактор С)				Середнє по фактору В	Середнє по фактору А
		Без внесення гербіцидів (к)*	Основа к.е., 2,5 л/га	Основа к.е., 2,5 л/га + Гербіцид Євро-Ленд р.к., 1,0 л/ га	Євро- Ленд р.к., 1,0 л/га + Гербіцид Геліантекс к.с., 0,045 л/га		
Суміко	Оранка 25–27 см	64	11	7	9	22,8	39,4
	Дискування 10–12 см	117	23	16	18	43,5	
	No-till технологія	136	28	20	24	52,0	
Середнє по фактору С		105,7	20,7	14,3	17,0		
Сурест	Оранка 25–27 см	58	9	5	7	19,8	35,6
	Дискування 10–12 см	106	19	13	15	38,3	
	No-till технологія	124	24	17	20	46,3	
Середнє по фактору С		96,0	17,3	11,7	14,0		
Арізона	Оранка 25–27 см	51	7	4	6	17,0	30,7
	Дискування 10–12 см	95	15	10	12	33,0	
	No-till технологія	112	20	14	17	40,8	
Середнє по фактору С		86,0	14,0	9,3	11,7		

Таким чином, у фазі цвітіння соняшнику відбувається певне природне зниження забур'яненості, однак вирішальне значення у формуванні чистоти посівів зберігають спосіб основного обробітку ґрунту та система гербіцидного захисту. Найбільш ефективним залишається поєднання глибокої оранки з використанням бакових сумішей гербіцидів, що забезпечує стабільний контроль бур'янів до завершення вегетації культури.

Висновки. У результаті досліджень встановлено, що формування забур'яненості посівів соняшнику залежить від способу основного обробітку ґрунту, системи гербіцидного захисту та біологічних особливостей гібридів. Найнижчий рівень забур'яненості відмічено за проведення глибокої оранки на 25–27 см, що сприяло зменшенню схожості насіння бур'янів. За мінімального та нульового обробітку ґрунту (дискування та No-till) кількість бур'янів зростала, що пов'язано з концентрацією насіння бур'янів у верхньому шарі ґрунту та створенням сприятливих умов для їх проростання.

Застосування бакових сумішей гербіцидів забезпечувало ефективніший контроль бур'янів порівняно з використанням окремих препаратів. Найкращий

контроль бур'янів забезпечувало поєднання гербіцидів Основа к.е. (2,5 л/га) та Євро-Ленд р.к. (1,0 л/га), що дозволяло знижувати чисельність бур'янів до рівня, близького до економічного порогу шкодочинності. Серед гібридів найвищу конкурентну здатність проявив гібрид Арізона. Отримані результати підтверджують доцільність комплексного застосування агротехнічних і хімічних заходів захисту посівів соняшнику.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Бабенко О. А. Формування продуктивності соняшнику залежно від технологічних прийомів вирощування в умовах Лісостепу України. Вісник аграрної науки. 2012. № 7. С. 56–60.
2. Григор'єв В. М., Федчук А. Р. Ефективність гербіцидів у посівах соняшнику в умовах Західного Лісостепу України. *Новітні агротехнології*. 2021. (9). <https://doi.org/10.47414/na.9.2021.256290>
3. Дудник І. І. Забур'яненість посівів та заходи її регулювання в сучасних агрофітоценозах. Карантин і захист рослин. 2010. № 4. С. 9–12.
4. Ермантраут Е. Р., Карпук Л. М., Вахний С. П. Методика наукових досліджень в агрономії: навчальний посібник. Біла Церква, 2018. 104 с.
5. Івашенко О. М. Бур'яни в агрофітоценозах : монографія. Київ : Світ, 2001. 236 с.
6. Круть В. М. Вплив мінімалізації основного обробітку ґрунту на фітосанітарний стан посівів просяних культур. Землеробство. 2013. Вип. 85. С. 112–118.
7. Любицька Д. М., М'ялковський Р. О., Безвіконний П. В. Прийоми підвищення урожайності насіння соняшника в умовах південно-західної частини Лісостепу України. *Таврійський науковий вісник*. 2022. Вип. 128. С. 120–125. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.128.16>
8. Мазур С.О., Матусевич Г.Д. Вплив ґрунтових гербіцидів на біометричні показники та врожайність соняшнику. *Збалансоване природо-користування*. 2023. №1. С. 90–96. <https://doi.org/10.33730/2310-4678.1.2023.278544>
9. Мокрієнко О. М. Інтегрований захист соняшнику від бур'янів в умовах Степу України. Захист і карантин рослин. 2015. Вип. 61. С. 145–151.
10. Петриченко В. П., Лихочвор В. В. Соняшник: біологія, технологія вирощування, економіка. Вінниця : Діло, 2012. 376 с.
11. Писаренко П. В. Конкурентні взаємовідносини у посівах соняшнику залежно від густоти стояння рослин та рівня забур'яненості. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2014. № 2. С. 34–38.
12. Примак І. Д., Панченко О. Б., Коваленко Г. М. Землеробство : підручник. Київ : Центр учбової літератури, 2009. 464 с.
13. Рожков А. О., Пузік В. К., Каленська С. М. Дослідна справа в агрономії: навч. посіб.: у 2 кн. Кн. 1. Теоретичні аспекти дослідної справи / за ред. А. О. Рожкова. Харків: Майдан, 2016. 316 с.
14. Тарасюк В. А., Безвіконний П. В. Роль гербіцидного захисту у формуванні врожайності та якості насіння соняшнику в умовах Західного Лісостепу України. Аграрні інновації. 2025. Вип. 33. С. 255–260. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.33.43>
15. Шевченко А. А., Петренко О. П., Гелас В. М. Стратегічний розвиток вирощування соняшнику в Україні: виклики та перспективи. *Економічний вісник Причорномор'я*. 2024, Вип. 5. С. 133–145. <https://doi.org/10.37000/ebbsl.2024.05.11>
16. Lal R. Soil tillage and weed dynamics in agricultural ecosystems. *Soil and Tillage Research*. 2004. Vol. 78. P. 1–22.
17. Duke S. O. Herbicide-resistant crops and weed management. *Pest Management Science*. 2012. Vol. 68. P. 1327–1331.

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 631.51:631.445.4:631.147(477.43)

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.3.14>

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМИ NO-TILL В ТОЧНОМУ ЗЕМЛЕРОБСТВІ В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ

Ткач О.В. – д.с.-г.н., професор,

професор кафедри землеробства, ґрунтознавства та захисту рослин,
ЗВО «Подільський державний університет»

orcid.org/0000-0002-1368-673X

Хомовий М.М. – к.с.-г.н., доцент,

доцент кафедри землеробства, ґрунтознавства та захисту рослин,
ЗВО «Подільський державний університет»

orcid.org/0000-0002-7964-7733

Тимчук С.С. – к.с.-г.н.,

директор СТОВ аграрна фірма «Нефедівське» Хмельницької області

orcid.org/0000-0002-4096-9946

Тимчук С.С. – магістр 1-го курсу спеціальності «Агрономія»,

факультет агротехнологій і природокористування,

ЗВО «Подільський державний університет»

orcid.org/0000-0002-4096-9946

Представлені результати багаторічних досліджень щодо впровадження технології No-till на чорноземях зони Західного Лісостепу України. Польові дослідження проводили упродовж 2014–2024 рр. у СТОВ аграрна фірма «Нефедівське» Кам'янець-Подільського району Хмельницької області. У роботі здійснено комплексну оцінку впливу тривалого застосування системи No-till на агрофізичні (щільність, структура, вологість) та агрохімічні (вміст гумусу, забезпеченість поживними елементами) показники чорнозему типового, а також проаналізовано продуктивність основних сільськогосподарських культур у сівоzmіні.

Встановлено, що перехід до технології No-till супроводжувався на початковому етапі (1–3 роки) певним погіршенням агрофізичних властивостей ґрунту, зокрема підвищенням його щільності на 0,15–0,20 г/см³, що обумовило тимчасове зниження врожайності культур на 15–20 % порівняно з традиційною системою обробітку. Водночас у подальшому, починаючи з 4–5 року застосування, відзначено стабілізацію та поступове покращення показників родючості ґрунту. Зокрема, відбулося відновлення структури до грудочкувато-зернистої, оптимізація щільності орного шару до 1,10–1,20 г/см³, підвищення вологозабезпеченості верхнього шару ґрунту на 1,7–3,9 %, що є важливим чинником в умовах кліматичних змін.

Агрохімічний стан ґрунту також зазнав позитивних змін: вміст гумусу зріс у середньому на 0,61 % (середньозважене значення), що свідчить про активізацію процесів гумусоутворення та накопичення органічної речовини. Важливим індикатором біологічної активності ґрунту стало істотне зростання чисельності дощових черв'яків – до 210–230 шт./м² проти 45–55 шт./м² за традиційного обробітку, що підтверджує покращення екологічного стану агроценозів.

Економічна ефективність впровадження технології No-till проявилась у зниженні виробничих витрат: скороченні чисельності працівників у 3,4 рази, зменшенні кількості тракторів з 9 до 6 одиниць, економії пального на 50–80 % та отриманні річної економії коштів у межах 600–800 тис. грн. Доведено, що інтеграція елементів точного землеробства (диференційоване внесення добрив, GPS-навігація, моніторинг стану посівів) суттєво підвищує ефективність функціонування системи No-till. Отримані результати



© Ткач О.В., Хомовий М.М., Тимчук С.С., Тимчук С.С., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

підтверджують доцільність її впровадження в умовах Західного Лісостепу як екологічно та економічно обґрунтованої моделі сучасного землеробства.

Ключові слова: No-till, нульовий обробіток, точне землеробство, мінімізація обробітку ґрунту, структура ґрунту, щільність ґрунту, вологість ґрунту.

Tkach O.V., Khomoyi M.M., Tymchuk S.S., Tymchuk S.S. Characteristics of the Application of the NO-TILL System in Precision Farming in the Western Forest-Steppe Region

This paper presents the results of long-term research on the implementation of no-till technology on chernozems in the Western Forest-Steppe zone of Ukraine. Field studies were conducted from 2014 to 2024 at the Nefedivske Agricultural Firm LLC in the Kamianets-Podilskyi District of the Khmelnytskyi Region. The study provides a comprehensive assessment of the impact of long-term use of the no-till system on the agrophysical (density, structure, moisture content) and agrochemical (humus content, nutrient availability) properties of typical chernozem, as well as an analysis of the productivity of major crops in crop rotation.

It was found that the transition to no-till technology was accompanied in the initial stage (1–3 years) by a certain deterioration in the soil's agrophysical properties, specifically an increase in its density by 0.15–0.20 g/cm³, which led to a temporary decrease in crop yields by 15–20% compared to the traditional tillage system. At the same time, subsequently, starting from the 4th–5th year of application, stabilization and gradual improvement of soil fertility indicators were observed. Specifically, the soil structure reverted to a crumbly-granular texture, the density of the arable layer was optimized to 1.10–1.20 g/cm³, and moisture content in the topsoil increased by 1.7–3.9%, which is a critical factor under conditions of climate change.

The agrochemical condition of the soil also underwent positive changes: humus content increased by an average of 0.61% (weighted average), indicating an intensification of humus formation processes and the accumulation of organic matter. A significant increase in the number of earthworms—up to 210–230 per m² compared to 45–55 per m² under conventional tillage—has become an important indicator of soil biological activity, confirming the improvement in the ecological condition of agrocenoses.

The economic efficiency of implementing no-till technology was evident in reduced production costs: a 3.4-fold reduction in the number of workers, a decrease in the number of tractors from 9 to 6 units, fuel savings of 50–80%, and annual cost savings of 600–800 thousand UAH. It has been proven that the integration of precision farming elements (differentiated fertilizer application, GPS navigation, and crop condition monitoring) significantly increases the efficiency of the no-till system. The results obtained confirm the feasibility of its implementation in the Western Forest-Steppe as an ecologically and economically sound model of modern agriculture.

Key words: No-till, zero tillage, precision farming, minimization of tillage, soil structure, soil density, soil moisture.

Актуальність теми дослідження. Сучасний етап розвитку аграрного виробництва висуває перед землеробством комплексні завдання, що полягають у досягненні високої та стабільної врожайності сільськогосподарських культур, поліпшенні якості продукції рослинництва за обов'язкового збереження та підвищення родючості ґрунтів і охорони навколишнього природного середовища. Вирішення цього триєдиного завдання ускладнюється наслідками попередньої господарської діяльності.

Екстенсивний шлях розвитку землеробства в минулому призвів до надмірного розорювання земель в Україні, яке сягнуло критичних позначок. Так, загальна розораність території становить 79,7 %, а в зоні Степу та Лісостепу цей показник досягає 82,8 % та 85,4 % відповідно. Для порівняння, у США розораність земель складає 43,5 %, у Великій Британії – 36,7 %, у Німеччині – 66 % [1]. Таке високе антропогенне навантаження, посилене зростанням маси та інтенсивності впливу сільськогосподарської техніки, спричинило суттєве погіршення фізичного стану ґрунтів. Дослідження фіксують порушення структури, зростання рівноважної щільності, що має негативні екологічні, економічні та агрономічні наслідки [2].

Встановлено, що за період тривалого та інтенсивного механічного обробітку ґрунт ущільнюється до глибини 100 см і більше. У профілі формується щільна

плужна підошва, тоді як структура верхнього шару розпилюється, а в нижніх горизонтах набуває пластинчасто-глинистої форми, що погіршує водно-повітряний режим [3]. Інтенсифікація сільського господарства у 60-90-х роках XX століття, орієнтована на максимальне відчуження біомаси, призвела до формування дефіцитного балансу гумусу та елементів живлення. Навіть внесення високих норм органічних добрив не компенсувало втрат, що ослаблювало функції ґрунтової біоти та знижувало мікробіологічну активність едафотопу.

У пошуках виходу з протиріч між необхідністю здешевлення виробництва продукції рослинництва, збереження родючості ґрунтів та екологічною безпекою, в Україні значно зросла увага до систем землеробства з мінімізацією обробітку, зокрема до технології No-till (нульового обробітку). Світовий та вітчизняний досвід засвідчує очевидні екологічні переваги цієї системи у збереженні родючості ґрунту, а також суттєві економічні вигоди [4]. Крім того, дослідники виявляють позитивні соціологічні та організаційні аспекти впровадження No-till, пов'язані з оптимізацією використання ресурсів та часу [5].

За узагальненнями В. В. Медведєва, найбільш придатними для мінімальних обробітків є чорноземи типові середньосуглинкові з оптимальними параметрами структури та щільності [7]. Однак впровадження No-till потребує подолання перехідного періоду (3-5 років), який часто супроводжується тимчасовим зниженням урожайності та погіршенням фізичних властивостей ґрунту [8, 9]. Світовий досвід свідчить, що інтеграція No-till з технологіями точного землеробства дозволяє суттєво підвищити ефективність використання ресурсів, враховуючи просторову неоднорідність агроландшафтів [10]. За даними досліджень, понад 70 % фермерів, які застосовують No-till, використовують GPS-автопілотування, 56 % застосовують картографування полів, а 37,8 % використовують диференційоване внесення добрив [11]. Тому висвітлення успішного довгострокового досвіду комплексного застосування No-till та елементів точного землеробства у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах є актуальним науковим і практичним завданням.

Постановка проблеми. Метою досліджень було проаналізувати ефект від впровадження технології No-till у поєднанні з елементами точного землеробства на сіро лісових ґрунтах типових середньосуглинкових у зоні південно-західного Лісостепу України порівняно з традиційними системами обробітку ґрунту. Для досягнення мети вирішувалися наступні завдання:

- оцінити організаційні аспекти переходу на No-till (зміна кадрового складу, потреби в техніці);
- дослідити динаміку агрофізичних (щільність, структура, вологість) та агрохімічних (гумус, поживні елементи) показників чорноземи типового за тривалого застосування No-till;
- проаналізувати застосування елементів точного землеробства в умовах господарства;
- провести порівняльний аналіз урожайності основних сільськогосподарських культур;
- визначити економічну ефективність технології No-till.

Методика досліджень. Дослідження проводилися у виробничих умовах СТОВ аграрна фірма «Нефедівське» Кам'янець-Подільського району Хмельницької області впродовж 2014-2024 рр. Ґрунтовий покрив – сірі лісові ґрунти на лесоподібних покривних суглинках. Господарство застосовує систему No-till на всій площі ріллі (950 га) з 2014 року. Спеціалізація – зернове виробництво (пшениця озима, ячмінь ярий, кукурудза на зерно, соняшник, соя, ріпак озимий). Як

контроль використовували суміжні поля сусіднього господарства з традиційною системою обробітку (оранка на 22-25 см).

Відбір ґрунтових зразків проводили згідно з ДСТУ 4287:2004. Фізичні властивості визначали: щільність складення – методом ріжучих кілець за Н.А. Качинським, твердість – пенетрометром (в PSI), вологість – термостатно-ваговим методом. Агрохімічні показники: вміст гумусу – за Тюрніним (ДСТУ 4289:2004), гідролітичну кислотність – за Каппеном (ДСТУ 7537:2014), лужногідролізований азот – за Корнфілдом, рухомі сполуки фосфору та калію – за Чириковим (ДСТУ 4115-2002). Облік чисельності дощових черв'яків проводили методом ґрунтових розкопок (0,25 м²) на глибину 0-30 см.

Урожайність культур визначали на основі виробничих даних господарства (валовий збір/площа). Економічну ефективність розраховували за фактичними технологічними картами. Статистичну обробку даних здійснювали методами варіаційної статистики (середнє арифметичне, варіабельність V,%) з використанням MS Excel.

Результати досліджень. *Організаційні аспекти впровадження No-till.* Впровадження технології No-till у СТОВ аграрна фірма «Нефедівське» розпочалося у 2014 році. Спонукальними мотивами стали: нестача кваліфікованих механізаторів, прогресивне мислення керівника, прагнення досягти високих результатів з мінімальним екологічним навантаженням. Як показав досвід, перехід на нульовий обробіток дозволив більш ніж у 3 рази скоротити чисельність виробничого персоналу. Якщо до застосування технології у 2014 р. у виробничих процесах брали участь 21 особа та використовувалось 9 тракторів, то на час досліджень (2024 р.) – лише 12 осіб та 6 тракторів. Це є критично важливим для господарства в умовах хронічного дефіциту робочої сили.

Варто окремо зупинитися на психологічній складовій переходу. Аграріям з багаторічним професійним досвідом у розвинених сільськогосподарських регіонах важко сприймати поле, не зоране, із залишками стерні та рослинних решток. Часто, навіть спробувавши прямий посів упродовж 2-3 років і зіткнувшись із тимчасовим зниженням урожайності та погіршенням фізичних властивостей ґрунту, вони повертаються до традиційного обробітку. Як наслідок, попри наявність у багатьох районах сівалок прямого посіву, широкомасштабного впровадження No-till не відбувається. Тому вкрай важливим є висвітлення успішного досвіду переходу не лише у науковій літературі, але й у засобах масової інформації, проведення днів поля у господарствах-лідерах, надання якісних дорадчих послуг науковими установами.

Елементи точного землеробства в системі No-till. Важливою складовою успішного функціонування системи No-till у СТОВ аграрна фірма «Нефедівське» стало впровадження окремих елементів точного землеробства, які дозволяють максимально ефективно використовувати ресурси з урахуванням просторової неоднорідності ґрунтового покриття. Світовий досвід засвідчує, що поєднання нульового обробітку з технологіями точного землеробства забезпечує суттєве підвищення ефективності виробництва [12].

Картографування полів та диференційоване внесення добрив. У господарстві запроваджено систему ґрунтового картографування з використанням координатної прив'язки. Попередній аналіз просторової варіабельності вмісту гумусу (табл. 2) засвідчив суттєву неоднорідність поля: коефіцієнт варіації V становив 13,33 % у 2014 р. та 12,30 % у 2024 р. Це обґрунтовує необхідність диференційованого підходу до внесення добрив замість усереднених норм. Як свідчать дослідження,

диференційоване внесення азотних добрив з урахуванням вологозабезпеченості різних ґрунтових зон дозволяє оптимізувати живлення рослин та підвищити ефективність використання добрив на 20-30 % [13].

GPS-навігація та паралельне водіння. Для проведення польових робіт у господарстві використовуються трактори, обладнані системами GPS-навігації та автопілотування. Це забезпечує точність проходження агрегатів з відхиленням не більше 2-3 см, що особливо важливо при міжрядних обробках та внесенні засобів захисту рослин. За даними науковців, застосування систем автопілотування в умовах No-till дозволяє мінімізувати ущільнення ґрунту ходовими системами за рахунок контролю трафіку [14].

Точний висів. Сівалка для прямого посіву, яка використовується в господарстві, обладнана системою контролю глибини загортання насіння та автоматичного відключення секцій. Це дозволяє уникнути подвійного засіву на поворотних смугах та стиках рядків, економити насіннєвий матеріал (економія сягає 5-8 %) та забезпечувати рівномірні сходи. Сучасні сівалки точного висіву здатні забезпечувати стабільну глибину загортання насіння навіть в умовах великої кількості рослинних решток, що є критичним для No-till [15].

Моніторинг урожайності. Комбайни господарства обладнані системами картографування урожайності, що дозволяє щорічно отримувати просторову інформацію про продуктивність різних ділянок поля. Ці дані використовуються для коригування системи удобрення та прийняття управлінських рішень. За визначенням фахівців, саме моніторинг урожайності є основою для розуміння взаємозв'язку між ґрунтовими умовами та продуктивністю культур [16].

Інтеграція даних. У господарстві ведеться робота з накопичення та аналізу просторової інформації за роками, що дозволяє виявляти стабільні зони з різним рівнем продуктивності та відповідно коригувати технологічні карти. Такий підхід відповідає сучасній концепції "точного землеробства 4.0", де ключову роль відіграють дані та їх аналіз [17].

Агротехнологічні та агроекологічні наслідки застосування No-till Фізичні властивості ґрунту. У перші роки впровадження No-till (2014-2016) спостерігалось істотне погіршення структури та фізичних властивостей ґрунту. У перший рік щільність ґрунту зросла порівняно з розораними ділянками на 0,15-0,20 г/см³. Проте після 3-4 років відбулося суттєве покращення: структура набула грудочкувато-зернистої форми, сприятливої для росту рослин, а щільність складення знизилася до оптимальних значень – 1,10–1,20 г/см³, ставши нижчою, ніж при оранці. Покращилася також водопоглинальна здатність ґрунту. У ґрунті без обробітку сформувалися багаторівневі агрегати та розгалужені пори, подібні до цілинних і перелогових чорноземів [5].

Результати весняних досліджень 2024 р. (фаза кушення – початок виходу в трубку пшениці озимої) підтверджують позитивні зміни фізичних властивостей за No-till (табл. 1). На ділянці з традиційною оранкою, яку проводять на глибину 22-25 см, чітко простежується ущільнений підорний шар, починаючи з глибини 25-27 см до 46-50 см. Тут об'ємна маса ґрунту в шарі 30-50 см сягає 1,34-1,35 г/см³, а показники пенетрометра – 280-300 PSI. На полі, яке вже 10 років не ореється, плужна підшва частково зруйнувалася: показники об'ємної маси становлять 1,27-1,28 г/см³, а пенетрометра – 250-260 PSI (рис. 1, 2).

Якісна зміна структури ґрунту є надзвичайно важливою. На ділянці з оранкою, починаючи з 25-30 см, ґрунт безструктурний, липкий, брилистий. Натомість за технології No-till у шарі 0-60 см сформувалася горіхувато-призматична структура,



Рис. 1. Погана структура ґрунту

Рис. 2. Хороша структура ґрунту

Таблиця 1

Фізичні властивості та вологість ґрунту залежно від способу основного обробітку (весна 2024 р.)

Шар ґрунту, см	Оранка (контроль)			No-Till		
	Об'ємна маса, г/см ³	Твердість, PSI	Вологість, %	Об'ємна маса, г/см ³	Твердість, PSI	Вологість, %
0-10	1,17	185	20,3	1,18	175	22,0
10-20	1,18	200	20,6	1,20	210	24,5
20-30	1,23	210	21,7	1,21	210	25,6
30-40	1,34	280	26,7	1,28	260	27,8
40-50	1,35	300	27,6	1,27	250	28,4
50-60	1,30	270	28,7	1,28	270	28,9
60-70	1,32	280	28,8	1,30	265	31,6
70-80	1,35	300	30,3	1,32	270	32,7
80-90	1,36	300	29,4	1,36	295	31,6
90-100	1,37	310	28,8	1,38	305	30,8

ґрунт добре розсипається. Водночас слід зазначити, що за відносно короткий час впровадження No-till у нижніх шарах (глибше 60 см) кардинального покращення фізичних властивостей не відбулося – для цього потрібен триваліший період та додаткові заходи зі зменшення техногенного навантаження.

Водний режим. Визначення вологості ґрунту підтвердило дані науковців про здатність No-till акумулювати більше води. У верхньому 0-30 см шарі вміст води за No-till на 1,7-3,9 % вищий, ніж за оранки (табл. 1). Це забезпечується мульчуючим шаром з органічних решток, який значно зменшує непродуктивне випаровування. У нижніх шарах (30-100 см) перевага No-till за вологістю також зберігається (1,1-2,8 %), що пояснюється кращим просочуванням води завдяки частковій руйнації плужної підшви та покращенню структури.

Роль рослинних решток. Однією з ключових причин покращення фізичних властивостей є використання поживних решток. У господарстві побічна продукція відчувається мінімально, тому на кожному гектарі, залежно від культури, залишається 10-15 т і більше органіки. Вони слугують джерелом гумусу, кормовою базою для ґрунтової біоти та мульчею, що зменшує випаровування вологи.

Біологічна активність. Прямий посів у поєднанні з поверхневими рештками суттєво активізував мікробіологічні процеси та заселення ґрунту дощовими черв'яками. На полях No-till на початку квітня 2024 р. налічувалося 210-230 шт./м² черв'яків, тоді як на суміжних полях із традиційним обробітком – лише 45-55 шт./м². Ходи черв'яків та відмерлі корені створюють розгалужену мережу пор, що покращує водно-повітряний режим.

Зміна агрохімічних властивостей. Завдяки рослинним решткам спостерігається стійка тенденція до підвищення вмісту гумусу в орному шарі (табл. 2). За перші 10 років його середньозважений вміст збільшився на 0,61% (з 2,62 % до 3,23 %). Варіабельність показника залишається на середньому рівні (V=12-13%). Гідролітична кислотність мала тенденцію до зниження: середньозважений показник зменшився на 0,38 мг-екв./100 г, хоча варіабельність зросла вдвічі (V=28,7%), що свідчить про неоднорідність процесів підкислення на різних ділянках.

Таблиця 2

**Динаміка вмісту гумусу та гідролітичної кислотності
за тривалого застосування No-till (0-20 см)**

№ ділянки	Вміст гумусу, %			Гідролітична кислотність, мг-екв./100 г		
	2014 р.	2024 р.	+ / -	2014 р.	2024 р.	+ / -
1	2,48	3,47	+0,99	2,92	2,16	-0,76
2	2,88	3,04	+0,16	4,32	4,32	0
3	2,78	3,04	+0,26	3,71	3,79	+0,08
4	2,68	3,26	+0,58	3,82	3,63	-0,19
5	2,58	3,15	+0,57	3,48	3,40	-0,08
6	2,58	3,58	+1,00	2,52	1,70	-0,82
7	2,48	2,73	+0,25	3,71	3,05	-0,66
8	2,48	2,50	+0,02	3,82	2,25	-1,57
9	3,07	3,69	+0,62	3,82	2,74	-1,08
10	2,38	-	-	3,33	-	-
Середнє	2,74	3,16	+0,42	3,55	3,00	-0,55
Середньозваж.	2,62	3,23	+0,61	3,44	3,06	-0,38
V, %	13,33	12,30		14,16	28,70	

Зміни поживного режиму були неоднозначними. Вміст лужногідролізованого азоту в шарі 0-20 см зменшився зі 112 до 103 мг/кг, що на фоні зростання гумусу можна пояснити підвищенням коефіцієнта використання азоту рослинами та посиленням винесенням з урожаєм. Вміст рухомого фосфору зріс із 75 до 100 мг/кг (ймовірно, внаслідок мінералізації решток), обмінного калію залишався стабільним (120-118 мг/кг). Серед мікроелементів спостерігалось зменшення вмісту бору та кобальту, тоді як уміст міді, цинку, марганцю та молібдену підвищився, що пов'язано зі зміною розчинності їх сполук у нових ґрунтових умовах.

4. *Урожайність культур та економічна ефективність.* Застосування прямого посіву дозволяє уникнути втрат вологи через передпосівний обробіток, що

особливо важливо в умовах весняних посух. У перші 1-2 роки впровадження No-till урожайність культур знижувалася на 15-20 % (табл. 3). На 4-5-й рік різниця скоротилася до 5-8 %. У 2021-2024 рр. урожайність стабілізувалася: пшениця озима – 44,0 ц/га, кукурудза на зерно – 86,5 ц/га, соняшник – 31,1 ц/га, соя – 32,0 ц/га. Враховуючи стійке покращення фізичних, агрохімічних властивостей та біологічної активності ґрунту, можна прогнозувати подальше зростання врожайності.

Таблиця 3

Урожайність сільськогосподарських культур у СТОВ аграрна фірма «Нефедівське» за різні періоди, ц/га

Культура	2014-2019 рр.	2020 р.	2021-2024 рр.
Кукурудза на зерно	106,2	73,2	86,5
Соняшник	-	17,4	31,1
Ріпак озимий	38,4	30,0	33,6
Пшениця озима	48,7	40,6	44,0
Ячмінь ярий	43,8	37,6	43,1
Соя	33,6	29,3	32,0

У структурі витрат на продукцію рослинництва частка експлуатації машинно-тракторного парку перевищує 30 %, з яких близько 60 % припадає на пальне. За технології No-till порівняно з традиційним обробітком затрати праці знижуються у 3-4 рази, економиться 50-80 % пального, скорочується парк машин і витрати на їх утримання. У СТОВ аграрна фірма «Нефедівське» затрати на 1 га зменшилися на 5000-6000 грн (у цінах 2024 р.). Для площі 950 га річна економія становить 700-800 тис. грн. Висока вартість сівалки для прямого посіву компенсувалася зниженням виробничих витрат і окупилася за 1-2 роки.

Додатковий економічний ефект від застосування елементів точного землеробства (економія насіння за рахунок автовідключення секції сівалки, оптимізація внесення добрив на основі картографування) за попередніми оцінками становить ще 8-12 % від змінних витрат, що підтверджує доцільність поєднання системи No-till та точного землеробства.

Висновки та перспективи подальших досліджень.

1. Впровадження технології No-till у СТОВ аграрна фірма «Нефедівське» на сіро лісових ґрунтах типових середньосуглинкових південно-західного Лісостепу забезпечило суттєві організаційні переваги: скорочення чисельності працівників у 1,75 раза (з 21 до 12 осіб), зменшення кількості тракторів з 9 до 6 одиниць, що є критичним в умовах дефіциту робочої сили.

2. Перехідний період (3-4 роки) супроводжувався тимчасовим погіршенням фізичних властивостей ґрунту (підвищення щільності на 0,15-0,20 г/см³) та зниженням урожайності на 15-20 %, що вимагає психологічної готовності агровиробників та потребує активного поширення успішного досвіду через засоби масової інформації, дорадчі служби та наукові установи.

3. Після стабілізації системи (5-10 років) відбулося відновлення структури ґрунту до грудочкувато-зернистої, оптимізація щільності (1,10-1,20 г/см³) та часткове руйнування плужної підшви. Встановлено підвищення вологозабезпеченості верхнього шару ґрунту на 1,7-3,9 % завдяки мульчуючому шару з рослинних решток (10-15 т/га).

4. Застосування No-till сприяє підвищенню біологічної активності ґрунту: чисельність дощових черв'яків зросла до 210-230 шт./м² проти 45-55 шт./м² за традиційного обробітку. Зафіксовано збільшення середньозваженого вмісту гумусу на 0,61 % (з 2,62 % до 3,23 %) та тенденцію до зниження гідролітичної кислотності.

5. Впровадження елементів точного землеробства (GPS-навігація, картографування полів, диференційоване внесення добрив, моніторинг урожайності) дозволяє враховувати просторову неоднорідність ґрунтового покриття, оптимізувати використання ресурсів та підвищити загальну ефективність системи No-till на 8-12 %.

6. Економічна ефективність технології підтверджена стабілізацією врожайності на рівні 44 ц/га (пшениця), 86,5 ц/га (кукурудза), 32 ц/га (соє), економією пального 50-80 % та річною економією коштів 700-800 тис. грн.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Медведєв В.В. Фізика ґрунтів: сучасний стан, виклики, шляхи вирішення. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 4. С. 5–12.
2. Статистичний щорічник України за 2020 рік. Київ: Державна служба статистики України, 2021. 455 с.
3. Кушнаренко В.М. Зміна фізичних властивостей чорноземів під впливом антропогенного навантаження. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2015. Вип. 83. С. 45–50.
4. Булигін С.Ю., Вітвіцький С.В., Антонюк Д.О. Прямі сівби – no-till: агрофізична експертиза стадії переходу. *Вісник аграрної науки*. 2019. № 6. С. 13–20. DOI: 10.31073/agrovisnyk201906-02.
5. Bulygin S. Mode of moistening ordinary chernozem using the "no-till" technology. *Plant and Soil Science*. 2021. Vol. 12, № 4. P. 91–101.
6. Косолап М.П., Кротінов О.П. Система землеробства No-till. Київ: Логос, 2011. 350 с.
7. Медведєв В. В. Ґрунтознавство: сучасний стан, виклики, перспективи. Харків: ФОП Бровін О.В., 2016. 364 с.
8. Задубинна Е.В. Удосконалення заходів контролювання сегетальної рослинності за технології No-till в умовах Лівобережного Лісостепу : звіт про НДР (закл. Панфільська дослідна станція ННЦ "Інститут землеробства НААН". 2023. № 0223U000445.
9. Продуктивність ріллі залежно від основного обробітку чорнозему типового у Правобережному Лісостепу України. *Науковий вісник НУБіП України. Серія: Агрономія*. 2019. № 294. С. 89–96. DOI: 10.31548/agr2018.294.089.
10. Kotelnikova I., Furso H. Innovative soil cultivation technologies: modern solutions for farmers. *Abstracts of XXIV International Scientific and Practical Conference*. Rome, Italy, 2024. Pp. 70–73.
11. Barrera L., Newman N. No-Tillers Increase Precision Technology Usage. *Precision Farming Dealer*. 2025. URL: <https://www.precisionfarmingdealer.com/articles/6461-no-tillers-increase-precision-technology-usage>
12. Fulton J. No-Till, High-Tech: 1-on-1 with Precision Ag Expert John Fulton. *Cover Crop Strategies*. 2025. URL: <https://www.covercropstrategies.com/articles/print/3745-video-no-till-high-tech-1-on-1-with-precision-ag-expert-john-fulton>
13. Boydell B. PA data guides crucial crop decisions. *GRDC Groundcover*. 2025. URL: <https://groundcover.grdc.com.au/grower-stories/northern/pa-data-guides-crucial-crop-decisions>
14. Precision Technology Makes No-Tillers More Efficient, Cost Effective. *No-Till Farmer*. 2024. URL: <https://www.no-tillfarmer.com/articles/print/13516-precision-technology-makes-no-tillers-more-efficient-cost-effective>
15. Suryanto K. Revolutionizing No-Till Maize Precision Planting: The Single-Side Gauge Wheel Depth-Control System. *American Journal of Agriculture and Horticulture Innovations*. 2024. Vol. 4(04). P. 01–05. DOI: 10.37547/ajahi/Volume04Issue04-01
16. The Development of No-Tillage Seeding Technology for Conservation Tillage—A Review. *Sustainability*. 2025. Vol. 17(5). P. 1808. DOI: 10.3390/su17051808
17. No-tillage intercropping with a robotic mower: advancing a high productivity, low-carbon and energy-efficient organic farming system. *Energy*. 2025. 135851. DOI: 10.1016/j.energy.2025.135851
18. Шевченко І.П. Економічна та екологічна ефективність технології No-till в умовах Лівобережного Лісостепу. *Економіка АПК*. 2020. № 5. С. 60–67.

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 633.174:631.5

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.3.15>

ПОСІВНА ЯКІСТЬ НАСІННЯ ТА МОРФОМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ РОСЛИН СОРГО ЗВИЧАЙНОГО ДВОКОЛЬОРОВОГО (*SORGHUM BICOLOR* L.)

Харусь С.А. – аспірант відділу насінництва
та селекції сільськогосподарських культур,
Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0009-0003-6932-0096

З метою встановлення посівних властивостей насіння сорго звичайного двокольорового залежно від генотипу (сорт/гібриду), закономірностей зміни морфометричних показників рослин за впливу біорегулятора росту для оптимізації ростових процесів розвитку культури були закладені і сформовані агрофітоценози культури в Правобережному Лісостепу. Під час проведення експерименту в лабораторних і польових умовах використовували відповідні наукові методики та методичні рекомендації, застосовували вимірювальний, розрахунково-порівняльний, аналізування, статистичний **методи**. **Результати** отримані в процесі розрахунку та аналізу свідчать, що лабораторна схожість насіння гібриду Bianca становила 95,6%, Sentinel IG – 96,5%, сортів Ярона – 90,4%, Смотрич – 97,2%, що свідчить про високу якість насіннєвого матеріалу. Польова схожість насіння, яка є першим щаблем у формуванні продуктивності культури після енергії проростання та лабораторної схожості показала, що високу польову схожість насіння у мали гібриди Sentinel IG (92,5 %) та Bianca (92,6%). Сорт Смотрич забезпечив польову схожість (90,4%). Самі низькі показники встановлені у сорту Ярона 82,1 %. Досліджено, що висота рослин сорго зернового істотно варіює залежно від гібрида/сорта, а також фази органогенезу. Динаміка росту виявила стабільні закономірності для всіх гібридів. Діаметр стебла залежно від сорту/гібриду та застосування регулятора росту змінювався у межах від 1,4 до 1,7 см, достовірне збільшення цього показника було лише за комплексного застосування стимулятора росту за оброблення посівів. З'ясовано, що у всіх генотипів зафіксовано помірне збільшення довжини волоті під дією стимулятора: Sentinel IG: 29,8 → 30,0 см (найсильніший ефект).; Bianca: 29,7 → 29,9 см; сортів Смотрич 28,0 → 29,1 см та Ярона 27,0 → 28,3 см, що свідчить про активізацію ростових процесів за внесення регулятора росту і подовження генеративних осей. Урожайність зерна у гібридів та сортів за застосування стимулятора росту зумовило не суттєве підвищення урожайності на 0,3 т/га у обох гібридів. гібрид Sentinel IG забезпечив найвищі значення врожайності серед усіх досліджуваних генотипів **Висновки**. Застосування біостимулятора Аппетайзер, за обприскування рослин не спричинило статистично значущого приросту у висоту в зазначені періоди органогенезу. Реакція «Аппетайзер» проявилось лише як мінімальна тенденція до збільшення морфометричних показників у досліджуваних генотипів, що може бути зумовлено стимуляцією коренеутворення та підвищенням активності первинного метаболізму.

Ключові слова: генотип, сорго звичайне, схожість, біостимулятор, морфометричні показники.

Kharus S.A. Sowing quality of seeds and morphometric indicators of plants of common bicolor sorghum (*Sorghum Bicolor* L.)

In order to establish the sowing properties of bicolor sorghum seeds depending on the genotype (variety/hybrid), the patterns of changes in morphometric indicators of plants under the influence of a growth bioregulator to optimize the growth processes of crop development, agrophytocenoses of the crop were established and formed in the Right Bank Forest-Steppe.



© Харусь С.А., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

During the experiment in laboratory and field conditions, appropriate scientific methods and methodological recommendations were used, measuring, calculation-comparative, analysis, and statistical methods were applied. The results obtained in the process of calculation and analysis indicate that the laboratory germination of the seeds of the Bianca hybrid was 95.6%, Sentinel IG - 96.5%, Yarona varieties - 90.4%, Smotrych - 97.2%, which indicates the high quality of the seed material. Field seed germination, which is the first step in the formation of crop productivity after germination energy and laboratory germination, showed that high field seed germination was observed in the hybrids Sentinel IG (92.5%) and Bianca (92.6%). The Smotrych variety provided field germination (90.4%). The lowest indicators were established in the Yarona variety - 82.1%. It was studied that the height of grain sorghum plants varies significantly depending on the hybrid/variety, as well as the phase of organogenesis. Growth dynamics revealed stable patterns for all hybrids. The stem diameter, depending on the variety/hybrid and the use of a growth regulator, varied within the range of 1.4 to 1.7 cm, a significant increase in this indicator was only with the complex use of a growth stimulator during crop treatment. It was found that all genotypes recorded a moderate increase in panicle length under the action of the stimulator: Sentinel IG: 29.8 → 30.0 cm (the strongest effect); Bianca: 29.7 → 29.9 cm; varieties Smotrych 28.0 → 29.1 cm and Yarona 27.0 → 28.3 cm, which indicates the activation of growth processes with the introduction of the growth regulator and the elongation of generative axes. Grain yield in hybrids and varieties with the use of the growth stimulator resulted in a non-significant increase in yield by 0.3 t/ha in both hybrids. The Sentinel IG hybrid provided the highest yield values among all studied genotypes. Conclusions. The use of the Appetizer biostimulator by spraying plants did not cause a statistically significant increase in height during the indicated periods of organogenesis. The "Appetizer" reaction manifested itself only as a minimal tendency to increase morphometric indicators in the studied genotypes, which may be due to stimulation of root formation and increased activity of primary metabolism.

Key words: genotype, common sorghum, germination, biostimulant, morphometric indicators.

Постановка проблеми. На сьогоднішній день глобальне потепління клімату є однією з найбільш серйозних проблем сільського господарства. За дифіциту вологи, посушливі умови на початку органогенезу сприяють різкому зниженню посівних властивостей насіння сільськогосподарських культур. А у сучасній парадигмі рослинництва якісні характеристики та морфологічні особливості насіннєвого матеріалу сорго звичайного двокольорового є визначальними детермінантами його конкурентоспроможності на ринку та економічної ефективності його вирощування [1, 2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомо, що базовими критеріями посівної придатності насіння є його енергія проростання, лабораторна та польова схожість, які формують урожай культури. Схожість насіння виступає ваговим індикатором фізіологічного стану: характеризує інтенсивність початкових етапів онтогенезу та першим реагує на порушення агротехнологічних регламентів вирощування. А висока енергія проростання забезпечує формування синхронних та рівномірних сходів, що є критично важливим для створення оптимальної густоти агрофітоценозів культури. [3].

Важливе значення має різниця між енергією проростання і схожістю, яку високопродуктивних генотипів зазвичай невелика –3–5%. Високий продуктивний потенціал найкращого сорту чи гібрида не може бути реалізований без використання якісного насіння, яке має різне забарвлення та форму [3, 4].

В сучасних реаліях пріоритетним напрямом в прогресивних технологіях виробництва сільськогосподарських культур все більше уваги приділяється доцільності застосування в агрофітоценозах природних і синтетичних стимуляторів росту рослин, котрі за мінімальних витратних норм спроможні змінити інтенсивність і вектори ростових і продуктивних процесів культур [5]. За застосування рістрегулюючих сполук можна підвищити комплекс адаптивних властивостей культури,

регулювати ростові процеси та механізм утворення і накопичення запасних речовин (цукрів, жиру, білку тощо) [5, 6]. Механізм дії цих препаратів базується на їх здатності до швидкої транслокації в клітини, де вони взаємодіють із рецепторними білками та впливають на активізацію біосинтезу нуклеїнових кислот, що загалом стимулює ростові процеси та адаптивний потенціал культури [3,7,8]. Закордонний досвід свідчить, що інтеграція біорегуляторів у технологічні схеми забезпечує стабільний приріст продуктивності в межах 15–30 % [9, 10]. В найближчому майбутньому, на думку вчених, частка біологічних факторів інтенсифікації рослинництва становитиме 50 % приросту та якості врожаю [11, 12]. Дослідження впливу регулювальних речовин на ріст та розвиток рослин в агроценозах та їх продуктивність проводилось з багатьма сільськогосподарськими культурами. [15–18]. Так, у працях [3–8] досліджено ріст і розвиток рослин сорго цукрового залежно від застосування регуляторів росту та доведено високу їх ефективність під час органогенезу культури. У дослідженнях [9–12] за оброблення насіння поліетиленгліколем стимулювалась ферментативна система антиоксидантного захисту, що, в свою чергу, призводить до стабілізації перекисних процесів у проростках рослин. Додатками встановлено, що застосування регуляторів росту сприяло збільшенню вмісту сухих речовин, цукрів, аскорбінової кислоти, хлорофілу, а також підвищенню активності пероксидази та інтенсивності фотосинтезу [13–14].

Мета дослідження полягала у встановленні посівних властивостей насіння сорго звичайного двокольорового залежно від генотипу (сорт/гібриду), закономірностей зміни морфометричних показників рослин за впливу регулятора росту для оптимізації ростових процесів розвитку культури.

Матеріали та методика досліджень. У дослідженнях використовували насіння гібридів та сортів сорго звичайного двокольорового, які внесені до Державного реєстру сортів рослин України, придатних для поширення в Україні. Лабораторні дослідження проводили в відділі насінництва та селекції сільськогосподарських культур Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. Якісні показники – енергію проростання, лабораторну та польову схожість, масу 1000 насінин визначали за ДСТУ 4138-2002 [15]. Польову схожість обчислювали після повних сходів, як відношення кількості сходів до загальної кількості висіяного схожого насіння у відсотках на дослідному полі (с. Ксаверівка друга Білоцерківського району Київської області), яке перебуває в межах регіону нестійкого зволоження Правобережної частини Лісостепу. Ґрунти чорноземи, що за своїм механічним складом відносяться до крупнопилувато-середньосуглинкових. Вміст органічної частини ґрунту коливається від 2,1 до 4,0%, а глибина гумусованих горизонтів складає 100–120 см. За агрохімічними показниками ґрунти дослідного поля слабкокислі з наближенням їх до нейтральних показників (рН змінюється від 6,48 до 7,22). Ґрунтово-кліматичні та метеорологічні умови регіону оптимальні для вирощування культури сорго. Площа посівної ділянки – 50 м², облікової – 25 м². Дослід закладали за методом систематичних повторювань: у кожному повторенні варіанти досліду розміщували на ділянках послідовно. Повторюваність дослідів – чотириразова. У фазу 4-5 листків проводили обприскування рослин біорегулятором росту «Аппетайзер», (Діюча речовина: марганець 1% + цинк 1% + активний фільтрат GA 142), розчинний концентрат, виробник Індія; у контролі обприскували рослини водою. Фенологічні спостереження за агрофітоценозом проводили за методикою держкомісії з сортовипробовування сільськогосподарських культур [16]. Початок кожної фази росту і розвитку встановлювали після настання її у 10 % рослин, масові значення – у 75 % рослин [17]. Висоту рослин визначали

мірною лінійкою від поверхні ґрунту до верхівки головного стебла, способом вимірювання на закріплених кілочках 40 рослинах на двох несуміжних повтореннях [18]. Діаметр стебла визначали штангельциркулем на висоті 10 см, способом вимірювання на закріплених кілочках 40 рослинах. Статистичну обробку даних проводили з використанням програм «Microsoft Excel 2010» та «Agrostat».

Результати досліджень. Задля формування високопродуктивних агроценозів сорго важливим є своєчасне отримання повних, дружних і максимально розвинених сходів. Це – інтегральний показник якості насіння і рівня застосованої агротехніки. За результатами наших досліджень лабораторна схожість не залежала від досліджуваних факторів і визначалася лише характеристиками насіння відповідних гібридів. Так, лабораторна схожість насіння гібриду Bianca становила 95,6%, Sentinel IG – 96,5%, сортів Ярона - 90,4%, Смотрич – 97,2%, що свідчить про високу якість насіннєвого матеріалу. Польова схожість насіння є першим щаблем у формуванні продуктивності культури після енергії проростання та лабораторної схожості (Рис.1).

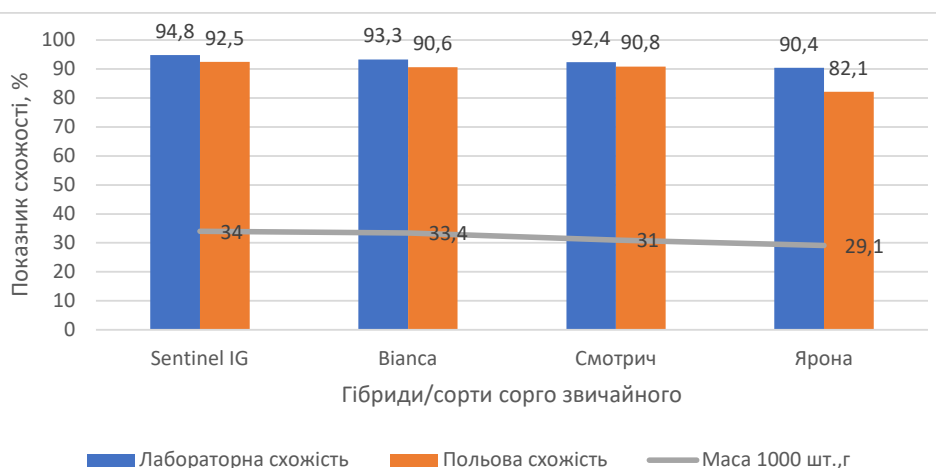


Рис. 1. Схожість насіння сорго звичайного двокольорового, Дослідне поле ІБКіЦБ, середнє 2024-2025 рр.

Основними факторами, які впливають на показник польової схожості є вологість та температура ґрунту. Так, за температури ґрунту ($5-6^{\circ}\text{C}$) вологість на глибині загортання насіння 0-20 см була 32,6 мм. У шарі ґрунту 0-50 см запаси продуктивної вологи становили 80 мм. Підвищення температури ґрунту до $12-14^{\circ}\text{C}$ запаси продуктивної вологи були майже ідентичні на глибині 0-20 см, а вже за температури $16-18^{\circ}\text{C}$ знизилась до 28 мм. У шарі ґрунту 0-50 см відмічена тенденція зниження запасів продуктивної вологи з $80,2 \rightarrow 75,9 \rightarrow 73,4$ мм за підвищення температури. Але зазначені показники є оптимальними для проростання насіння сорго зважаючи на температурний режим повітря. Так, погодні умови на початку вегетаційного періоду сорго звичайного були контрастними, з незначними відхиленнями від середніх багаторічних показників. У 2024 році період сівба–сходи (травень) температура в середньому становила $16,3^{\circ}\text{C}$, це вище за середньобагаторічний показник на $1,2^{\circ}\text{C}$. Вологість у цей період була дещо в дефіциті, так як випало 15 мм, що на 53 мм менше від середньобагаторічного показника..

У 2025 році, навпаки, спостерігалися прохолодніші умови (+13,6 °C) та підвищена кількість опадів (65 мм), що могло б призвести до уповільнення проростання, незначного зниження енергії проростання та нерівномірної появи сходів. Зважаючи на те, що у сорго оптимальна температура ґрунту для проростання становить від +12°C до +14°C енергія проростання і польова схожість культури залишилися на високому рівні (Див. Рис.1). Високу польову схожість насіння у мали гібриди Sentinel IG (92,5 %) та Bianca (92,6%) і масою насіння 34-33,4 г відповідно, що свідчить про значний запас пластичних речовин, які забезпечують високу енергію проростання, схожість та адаптивність гібриду до різних умов зростання, а в подальшому накопичення асимілянтів у зернівці та крохмалю. Сорт Смотрич з масою 1000 шт. насіння 31 г забезпечив польову схожість (90,4%). Самі низькі показники встановлені у сорту Ярона: маса насіння 29,1 г, польова схожість 82,1 %, що свідчить про низький рівень фітохімічних і пластичних речовин у насінні який у подальшому спонукає до зниження активізації процесів проростання та адаптивного потенціалу генотипу загалом.

Висота рослин є одним із найважливіших морфометричних показників, що визначає продукційний потенціал і адаптивні властивості агрофітоценозів сорго звичайного (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). Як інтегральний параметр, вона відображає інтенсивність ростових процесів, рівень гормональної регуляції, активність меристемних тканин та характер реакції рослин на умови навколишнього середовища. Формування висоти рослин сорго залежить від генетичної природи гібриду/сорта, забезпеченості елементами живлення, погодних умов, густоти стояння, а також дії регуляторів росту та інших агротехнічних прийомів (Рис.2). Отримані експериментальні дані свідчать, що висота рослин сорго зернового істотно варіює залежно від гібриду/сорта, а також фази органогенезу. Динаміка росту виявила стабільні закономірності для всіх гібридів. У фазу кущіння встановлено найнижчі значення висоти, які характеризують лише початкові темпи ростових процесів. Мінімальні показники відзначено у сорту Ярона (15,5–16,4 см), тоді як Смотрич суттєво переважав за висотою (17,6–18,0 см), що вказує на його більш інтенсивний стартовий лінійний розвиток.

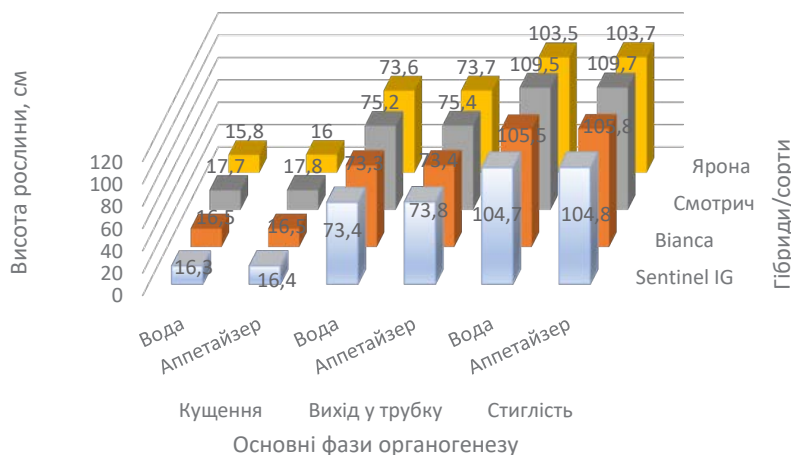


Рис. 2. Висота рослин сорго звичайного в основні фази органогенезу за обприскування посівів стимулятором росту Аппетайзер, 2024-2025 рр.

Гібриди Bianca та Sentinel IG формували проміжні значення (16,0–16,7 см), демонструючи стабільні темпи раннього росту. Застосування стимулятора росту не спричинило статистично значущого приросту у висоту в зазначений період органогенезу. Застосування регулятора росту «Аппетайзер» проявилось лише як мінімальна тенденція до збільшення висоти у всіх гібридів (на 0,1–0,3 см), що може бути зумовлено стимуляцією коренеутворення та підвищенням активності первинного метаболізму. У фазу виходу в трубку відбувається інтенсивне видовження міжвузлів, що стало причиною найбільш помітного зростання висоти рослин. У цьому періоді виявлено суттєві генетичні відмінності між гібридами та сортами. Найнижчою по висоті залишався сорт Ярона (73,2–73,9 см), тоді як сорт Смотрич сформував найвищі рослини (75,0–75,7 см), демонструючи максимально виражену інтенсивність вертикального росту. Гібриди Bianca та Sentinel IG характеризувалися стабільними середніми значеннями у межах 73,0–74,0 см.

У фазі стиглості рослини досягли максимальних значень висоти. Найнижчі параметри були характерні у сорту Ярона (103,2–104,0 см), а найвищі – для Смотрич (109,5–109,9 см). Гібриди Bianca (105,0–106,2 см) та Sentinel IG (104,6–105,3 см) демонстрували стабільно високі, але проміжні показники. Діаметр стебла залежно від сорту/гібриду та застосування регулятора росту змінювався у межах від 1,4 до 1,7 см, достовірне збільшення цього показника було лише за комплексного застосування стимулятора росту за оброблення посівів (табл.1).

Таблиця 1

Морфометричні показники рослин сорго звичайного в агрофітоценозі культури, Дослідне поле ІБКіЦБ, 2024–2025 рр.

Показники	Обприскування посівів	Гібриди		Сорти		
		Sentinel IG	Bianca	Смотрич	Ярона	НІР _{0,05}
Діаметр стебла, см	Вода	1,59	1,77	1,53	1,65	0,3
	Аппетайзер	1,63	1,89	1,55	1,68	0,9
Кущистість, шт./рослину	Вода	1,75	1,83	1,8	1,7	0,6
	Аппетайзер	2,1	2,4	2	1,9	1,2
Довжина волоті, см	Вода	29,8	29,7	28,0	27,0	0,7
	Аппетайзер	30,0	29,9	29,1	28,3	1,3
Урожайність зерна, т/га	Вода	7,0	5,7	5,4	5,2	2,4
	Аппетайзер	7,3	6,0	5,7	5,5	2,7

Аналогічні результати встановлені у визначенні кущіння рослин. Застосування стимулятора росту для оброблення посівів забезпечило істотне підвищення кущистості рослин, яка становила 1,9–2,4 шт./рослину забезпечило достовірне збільшення біометричних показників рослин.

Довжина волоті: у всіх гібридів зафіксовано помірне збільшення довжини волоті під дією стимулятора: Sentinel IG: 29,8 → 30,0 см (найсильніший ефект).; Bianca: 29,7 → 29,9 см; сортів Смотрич 28,0 → 29,1 см та Ярона 27,0 → 28,3 см. Це свідчить про активізацію ростових процесів за внесення регулятора росту і подовження генеративних осей.

Урожайність зерна у гібридів Sentinel IG та Bianca за оброблення посівів водою (контроль) становила 7,0 та 5,7 т/га відповідно. Застосування стимулятора росту зумовило не суттєве підвищення урожайності до 7,3 та 6,0 т/га у обох гібридів. Сорт Смотрич: у контрольному варіанті урожайність варіювала в межах 5,4 т/га,

за застосування стимулятора росту спостерігалось помірне підвищення врожайності до 5,8 т/га. Слід відміти, що реакція сорту Смотрич на застосування стимулятора менш виражена, ніж у гібрида Sentinel IG. У сорту Ярона характерна відносно нижча природна врожайність у порівнянні з іншими гібридами та сортами, на контролі вона досягла всього 5,2 т/га. Застосування «Аппетайзера» не значно підвищило продуктивність, всього до 5,5 т/га. Таким чином, гібрид Sentinel IG забезпечив найвищі значення врожайності серед усіх досліджуваних генотипів. Узагальнююче вищевикладене можна сказати, що урожайність усіх гібридів зростала під впливом стимулятора росту, найсуттєвіше – у Sentinel IG та Bianca. Отже, обприскування посівів стимулятором росту забезпечило достовірне підвищення польової схожості насіння, біометричних показників рослин сорго звичайного.

Висновки. Високу польову схожість насіння встановлено у гібридів Sentinel IG (92,5 %) та Bianca (92,6%), а значних запас пластичних речовин, який є наявним у насінні з великою масою 34-33,4 г відповідно, забезпечив високу енергію проростання, схожість та адаптивність гібридів до умов зростання, а в подальшому накопиченню асимілянтів та крохмалю у зернівці.

Сорт Смотрич з масою 1000 шт. насіння 31 г мав показник польової схожості (90,4%), сорт Ярона ще нищі - (82,1%) польова схожість, маса насіння 29,1 г, що свідчить про низький рівень запасу пластичних речовин який у подальшому спонукає до зниження активізації ростових процесів та адаптивного потенціалу генотипу загалом.

Застосування біостимулятора Аппетайзер, за обприскування рослин не спричинило статистично значущого приросту у висоту в зазначені періоди органогенезу. Реакція «Аппетайзер» проявилось лише як мінімальна тенденція до збільшення висоти у всіх гібридів (на 0,1–0,3 см), що може бути зумовлено стимуляцією коренеутворення та підвищенням активності первинного метаболізму. Діаметр стебла залежно від сорту/гібриду та застосування регулятора росту змінювався у межах від 1,4 до 1,7 см. Урожайність зерна у гібридів та сортів за застосування стимулятора росту зумовило не суттєве підвищення урожайності на 0,3 т/га у обох гібридів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Макаров Л. Х. Соргові культури: монографія. Інститут землеробства південного регіону УААН. Херсон: Айлант, 2006. 264 с.
2. Присяжнюк О.І., Сторожик Л.І., Завгородня С.В. Екологічна пластичність сорго зернового. *Новітні агротехнології*, 2019. № 7. URL <http://jna.bio.gov.ua/article/view/204818>
3. Сторожик Л.І., Терещенко І.С., Завгородня С.В., Кулик Г.А., Середа В.І. Формування врожайності сорго цукрового залежно від прояву алелопатично активних речовин культури : монографія. – Одеса : Видавничий дім «Гельветика», 2025. – 198 с. ISBN 978-617-554-608-6.
4. C.F., McDonough C.M., Rooney L.W. Microscopy of pericarp development in the caryopsis of *Sorghum bicolor*(L.) Moench. *Journal of Cereal Science*.2004. Vol.39. P.21–27. doi: 10.1016/S0733-5210(03)00060-2
5. Сторожик Л.І., Музика О.В. Особливості формування продуктивності гібридів сорго цукрового залежно від впливу агротехнічних факторів: ширини міжрядь, густоти посівів та обробки регулятором росту. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2019. Vol. 15, № 2.. С. 171-181<https://doi.org/10.21498/2518-1017.15.1.2019.173567>
6. 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.

7. Грицаєнко З. М. Еколого-біологічна основа і продуктивність сільськогосподарських культур за дії фізіологічно-активних речовин. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2011. Вип. 77, Ч. 1 : Агрономія. С. 14–25.

8. Шевчук О. А., Кришталь О. О., Шевчук В. В. Екологічна безпека та перспективи застосування синтетичних регуляторів росту у рослинництві. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2014. № 1. С. 34–38.

9. Rademacher W. Plant growth regulators: backgrounds and uses in plant production. *Journal of Plant Growth Regulation*. 2015. Vol. 34, Iss. 4. P. 845–872. <https://doi.org/10.1007/s00344-015-9541-6>

10. Shu K., Liu X., Xie Q., He Z. Two Faces of One Seed: Hormonal Regulation of Dormancy and Germination. *Molecular Plant*. 2016. Vol. 9, Iss. 1. P. 34–45. <https://doi.org/10.1016/j.molp.2015.08.010>

11. Базалій В.В., Бойко М.О., Алмашова В.С., Онищенко С.О. Рослинницькі аспекти та агроекологічні засади вирощування сорго зернового на Півдні України. *Таврійський науковий вісник*. 2015. № 91. С. 3–6

12. Рожков А. О., Свиридова Л. А. Польова схожість насіння і виживання рослин сорго зернового залежно від впливу норми висіву та способу сівби. *Вісник ХНАУ. Серія : Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво і зберігання*. 2017. № 1. С. 99–109.

13. Сторожик Л. Агробіологічні основи формування агрофітоценозів сорго цукрового як біоенергетичної культури в Степу та Лісостепу України: монографія. Вінниця ТОВ «ТВОРИ». 2018. 264

14. Сторожик Л.І., Войтовська В. І., Завгородня С.В., Третьякова С.О Хімічна складова насіння сорго зернового (*Sorghum bicolor*)залежно від біологічних особливостей гібридів. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва, Частина 1. Сільськогосподарські та технічні науки*. 2020. С. 149–166, DOI: 10.31395/2415-8240-2020-96-1-149-166

15. ДСТУ 4138-2002:Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. Київ:Держспоживстандарт України, 2003. 148с.

16. Методика Державного сортовипробування сільськогосподарських культур / за ред. В.В. Вовкодава. Київ. 2001. Вип. 2. 65 с.

17. Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В. П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. Київ : Нічлава, 2003. 320 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 632.93:632.7

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.3.16>

ЕКОЛОГІЧНІ ПЕРЕВАГИ БІОЛОГІЧНОГО МЕТОДУ ЗАХИСТУ РОСЛИН У СИСТЕМІ ІНТЕГРОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ШКІДНИКАМИ

Ходос Т.А. – доктор філософії,
старший викладач кафедри ботаніки та захисту рослин,
Херсонський державний аграрно-економічний університет
orcid.org/0000-0002-7744-1424

У статті проведено комплексний аналіз екологічних переваг біологічного методу захисту рослин у системі інтегрованого управління шкідниками на основі трирічних польових досліджень (2023–2025 рр.) в умовах ФГ "Троянда" Херсонського району Херсонської області.

Мета роботи полягала у визначенні впливу біологічних агентів на компоненти агроєкосистеми та обґрунтуванні їх ролі у формуванні сталих систем землеробства. Об'єктами досліджень були агроєнози пшениці озимої, кукурудзи та соняшнику при застосуванні біологічного методу захисту порівняно з традиційною хімічною системою.

Методика включала оцінку біологічної активності ґрунту за показниками інтенсивності ґрунтового дихання, активності ферментів, чисельності ґрунтової мезофауни, а також моніторинг популяцій корисних та шкідливих організмів. Встановлено, що біологічний метод забезпечує збереження інтенсивності ґрунтового дихання на рівні 82–95 мг CO₂/100 г ґрунту за добу (проти 58–67 мг на варіантах з хімічним захистом), підвищує чисельність ґрунтової мезофауни на 45–60%, зокрема дощових черв'яків – до 180–220 екз./м² (проти 95–120 екз./м²).

Проведена порівняльна екотоксикологічна оцінка показала суттєві переваги біологічного методу: період розпаду у довкіллі становить 7–14 діб проти 30–180 діб для хімічних препаратів, залишкові кількості в продукції відсутні, ризик резистентності не виявлений. Видове різноманіття ентомофагів зросло в 2,3–2,8 рази, чисельність кокцинелід збільшилась до 12–18 екз./м² (проти 3–5 екз./м²), златоочок – до 8–14 екз./м² (проти 2–4 екз./м²), запилювачів – до 22–28 екз./м² (проти 5–8 екз./м²). Ефективність контролю шкідників біологічними агентами склала: *Trichogramma evanescens* – 72–85%, *Bacillus thuringiensis* – 65–78%, *Beauveria bassiana* – 68–82%, *Coccinella septempunctata* – 75–88%. Інтеграція біологічного методу в систему інтегрованого управління шкідниками зменшила використання хімічних інсектицидів на 65–72% і підвищила економічну ефективність виробництва на 18–24%. Отримані результати підтверджують значення біологічного методу для екологічної стійкості агроєкосистем та виробництва безпечної рослинницької продукції відповідно до європейських стандартів.

Ключові слова: ентомофаги, екологічна безпека, сталий розвиток, біологічна активність ґрунту, ентомопатогенні мікроорганізми

Khodos T.A. Environmental advantages of the biological method of plant protection in the integrated pest management system

The article presents a comprehensive analysis of the environmental advantages of the biological method of plant protection within an integrated pest management (IPM) system, based on three-year field studies (2023–2025) conducted under the conditions of the private farm "Trojanda" in Kherson District, Kherson Region.

The aim of the study was to determine the impact of biological agents on the components of the agroecosystem and to substantiate their role in the formation of sustainable farming systems. The objects of the research were agroecosystems of winter wheat, maize, and sunflower under the



© Ходос Т.А., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

application of a biological plant protection method compared with a conventional chemical protection system.

The methodology included an assessment of soil biological activity based on indicators of soil respiration intensity, enzyme activity, and the abundance of soil mesofauna, as well as monitoring populations of beneficial and pest organisms. It was established that the biological method ensured the preservation of soil respiration intensity at a level of 82–95 mg CO₂ per 100 g of soil per day (compared to 58–67 mg under chemical protection), increased the abundance of soil mesofauna by 45–60%, and, in particular, raised earthworm density to 180–220 individuals/m² (versus 95–120 individuals/m²).

A comparative ecotoxicological assessment demonstrated significant advantages of the biological method: the environmental degradation period was 7–14 days compared to 30–180 days for chemical pesticides; no pesticide residues were detected in agricultural products; and no risk of resistance development was identified. Species diversity of entomophagous insects increased by 2.3–2.8 times, with the abundance of coccinellids rising to 12–18 individuals/m² (compared to 3–5 individuals/m²), lacewings to 8–14 individuals/m² (versus 2–4 individuals/m²), and pollinators to 22–28 individuals/m² (compared to 5–8 individuals/m²).

The effectiveness of pest control by biological agents was as follows: Trichogramma evanescens – 72–85%, Bacillus thuringiensis – 65–78%, Beauveria bassiana – 68–82%, and Coccinella septempunctata – 75–88%. Integration of the biological method into the IPM system reduced the use of chemical insecticides by 65–72% and increased the economic efficiency of crop production by 18–24%.

The obtained results confirm the importance of biological plant protection methods for enhancing the ecological sustainability of agroecosystems and producing safe crop products in accordance with European standards.

Key words: entomophages, environmental safety, sustainable development, soil biological activity, entomopathogenic microorganisms.

Постановка проблеми. Сучасне сільське господарство характеризується інтенсивним використанням пестицидів, що створює значне екологічне навантаження на агроєкосистеми. Щорічне застосування понад 50 тис. тонн пестицидів в Україні зумовлює забруднення ґрунтів і вод, зниження біологічної активності, накопичення їх залишків у продукції та порушення природних регуляційних механізмів агроценозів.

Сучасні дослідження показують, що за останні 20 років кількість стійких популяцій збільшилась у 2,5 рази, що вимагає постійного підвищення норм витрати пестицидів і створення нових, більш токсичних препаратів [1]. Це призводить до утворення так званого "пестицидного колеса", коли для контролю шкідників потрібні все більші дози хімічних засобів, що посилює негативний вплив на довкілля.

Підписання Угоди про асоціацію між Україною та Європейським Союзом та імплементація стратегії European Green Deal висувають нові вимоги до систем захисту рослин. Зокрема, Стратегія "Від ферми до виделки" передбачає скорочення використання хімічних пестицидів на 50% до 2030 року та збільшення площ під органічним виробництвом до 25%. Це актуалізує необхідність переходу до екологічно безпечних методів контролю шкідливих організмів.

Впровадження біологічного методу захисту рослин безпосередньо пов'язане з реалізацією Цілей сталого розвитку ООН, зокрема Цілі 2 (подолання голоду), Цілі 12 (відповідальне споживання та виробництво), Цілі 15 (збереження екосистем суші). Також це відповідає завданням Національної стратегії органічного виробництва в Україні до 2030 року, яка передбачає збільшення частки органічної продукції та створення екологічно збалансованих систем землеробства.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Фундаментальні дослідження механізмів природної регуляції популяцій комах у агроценозах проведені провідними вітчизняними та зарубіжними вченими. Комплексний аналіз ефективності різних

груп ентомофагів у системах інтегрованого управління шкідниками показав, що застосування паразитоїдів та хижаків дозволяє знизити чисельність фітофагів на 65-85% без негативного впливу на нецільові організми [1]. Систематизовано відомості про використання ентомопатогенних грибів у захисті сільськогосподарських культур, показана висока ефективність препаратів на основі *Beauveria bassiana* та *Metarhizium anisopliae* проти широкого спектру шкідників [2].

Обґрунтовано концепцію екологічної інтенсифікації сільського господарства на основі максимального використання природних регуляційних механізмів. Доведено, що правильно організована система ІУШ дозволяє скоротити застосування пестицидів на 40-60% без втрати врожайності [3].

Проведена комплексна оцінка ефективності застосування трихограми проти лускокрилих шкідників на посівах кукурудзи, соняшнику та овочевих культур у різних ґрунтово-кліматичних зонах України. Встановлено, що триразовий випуск паразитоїда забезпечує захисний ефект на рівні 72-85% [4]. Розроблена технологія застосування златоочок та кокцинелід для контролю попелиць на зернових культурах в умовах Лісостепу. Встановлено, що комплексне використання хижих комах дозволяє утримувати чисельність фітофагів нижче економічного порогу шкідливості протягом усього вегетаційного періоду [5].

Теоретичні основи біологічного контролю популяцій шкідників в агроценозах розроблені у вітчизняних дослідженнях [6]. Особлива увага приділяється вивченню трофічних зв'язків у агроєкосистемах, механізмів підтримання популяцій корисних організмів та розробці критеріїв оцінки екологічної ефективності різних методів захисту.

Постановка завдання. Незважаючи на наявні дослідження з біологічного захисту рослин, недостатньо вивченими залишаються його довгострокові екологічні ефекти в умовах України, зокрема Південного Степу. Бракує систематизованих даних щодо впливу тривалого застосування біометоду на ґрунтовий біоценоз, нецільові організми та біорізноманіття агроландшафтів, особливо в посушливих умовах Херсонської області.

Метою дослідження було провести комплексний аналіз екологічних переваг біологічного методу захисту рослин у системі інтегрованого управління шкідниками та обґрунтувати його роль у формуванні сталих агроєкосистем в умовах Південного Степу України.

Для досягнення поставленої мети вирішувались наступні завдання: проаналізувати екологічний вплив біологічного методу на основні компоненти агроєкосистеми (ґрунт, водні ресурси, біорізноманіття); провести порівняльну екоотоксикологічну оцінку біологічного та хімічного методів захисту рослин; визначити ефективність основних груп біологічних агентів проти домінуючих шкідників; обґрунтувати екологічні та агроєкономічні переваги інтеграції біологічного захисту в сучасні системи землеробства.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження проводились протягом 2023-2025 років на базі ФГ "Троянда" Херсонського району Херсонської області. Ґрунти дослідної ділянки – темно-каштанові середньосуглинкові. Об'єктами досліджень були агроценози пшениці озимої (сорт Антонівка), кукурудзи (гібрид Леженд F1) та соняшнику (гібрид Форвард) при застосуванні біологічного методу захисту та традиційної хімічної системи. Площа дослідних ділянок становила 2 га, повторність – чотириразова.

Результати трирічних досліджень показали, що застосування біологічного методу захисту рослин позитивно впливає на біологічну активність ґрунту.

Інтенсивність ґрунтового дихання на варіантах з біологічним захистом становила 82-95 мг $\text{CO}_2/100$ г ґрунту за добу, тоді як на ділянках з хімічним захистом цей показник знижувався до 58-67 мг $\text{CO}_2/100$ г ґрунту за добу. Це свідчить про збереження активності мікробного ценозу при використанні біологічних агентів.

Чисельність ґрунтової мезофауни (дощових черв'їв, колембол, хижих кліщів) на варіантах з біологічним захистом була в середньому на 45-60% вищою порівняно з ділянками інтенсивного хімічного захисту. Особливо значні відмінності спостерігались у популяціях дощових черв'їв – 180-220 екз./м² проти 95-120 екз./м² відповідно. Дощові черви відіграють ключову роль у формуванні структури ґрунту, процесах гумусоутворення та забезпеченні доступності елементів живлення для рослин [8].

Важливим показником екологічного стану ґрунту є активність ферментів. Активність інвертази на варіантах з біометодом становила 42,5-48,3 мг глюкози/г ґрунту, що на 25-35% перевищувало показники варіантів з хімічним захистом. Активність уреазі також була достовірно вищою – 1,8-2,2 мг $\text{NH}_3/\text{г}$ ґрунту проти 1,2-1,5 мг $\text{NH}_3/\text{г}$ ґрунту. Ферментативна активність ґрунту є інтегральним показником, що відображає інтенсивність мікробіологічних процесів та здатність ґрунту до самоочищення [7].

Моніторинг вмісту токсикантів у ґрунтових водах (свердловини на глибині 8-12 м) показав, що на варіантах з біологічним захистом залишкові кількості пестицидів були відсутні або не перевищували межі визначення ($< 0,001$ мг/л), тоді як на ділянках з хімічним захистом виявлено залишки інсектицидів у концентраціях 0,008-0,025 мг/л. Хоча ці значення не перевищують гранично допустимі концентрації для питної води, тривале накопичення пестицидів у водоносних горизонтах становить потенційну екологічну загрозу та може призвести до забруднення поверхневих водойм.

В умовах Херсонської області, де водні ресурси є лімітуючим фактором, збереження їх якості набуває особливого значення. Відсутність забруднення води пестицидами при застосуванні біологічного методу є важливою екологічною перевагою, що забезпечує довгострокову стійкість агровиробництва в регіоні.

Одним з найважливіших екологічних показників є збереження популяцій корисних організмів. Дослідження показали, що видове різноманіття ентомофагів на варіантах з біологічним захистом було в 2,3-2,8 рази вищим порівняно з варіантами інтенсивної хімізації. Динаміка чисельності основних груп корисних організмів протягом вегетаційного періоду представлена на рис. 1.

Як видно з рисунка 1, чисельність хижих кокцинелід на варіантах з біологічним захистом становила 12-18 екз./м² проти 3-5 екз./м² на хімічних варіантах, златоочок – 8-14 екз./м² проти 2-4 екз./м². Особливо важливо відзначити збереження популяцій запилювачів: чисельність диких бджіл та джмелів на ділянках з біологічним захистом перевищувала аналогічний показник на хімічних варіантах у 3,5-4,2 рази (22-28 екз./м² проти 5-8 екз./м²). Це має важливе значення для підвищення врожайності ентомофільних культур, зокрема соняшнику, де якісне запилення збільшує врожайність на 25-35%.

Для комплексної оцінки екологічної безпеки різних методів захисту рослин проведено порівняльний аналіз основних екотоксикологічних показників (табл. 1). Як видно з таблиці 1, біологічний метод має суттєві переваги за всіма екотоксикологічними показниками. Особливо важливою є селективність дії біологічних агентів, що дозволяє зберегти популяції корисних організмів та підтримувати природні регуляційні механізми в агроценозах.

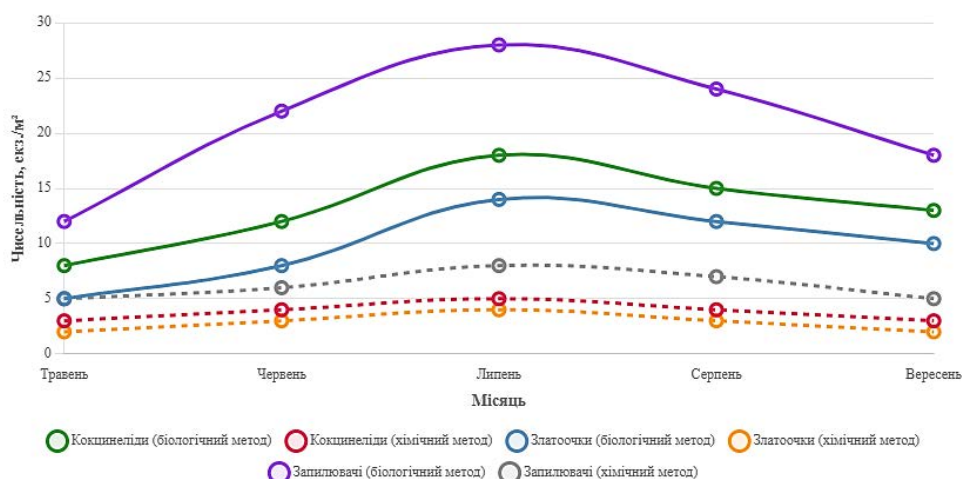


Рис. 1. Динаміка чисельності корисних організмів протягом вегетаційного періоду при застосуванні біологічного та хімічного методів захисту (середнє за 2023-2025 рр.)

Біологічні препарати значно швидше деградують у довкіллі порівняно з хімічними пестицидами: більшість біоагентів розкладається протягом 7–14 діб без утворення токсичних метаболітів, тоді як синтетичні інсектициди можуть зберігатися в ґрунті до 180 діб, мігрувати у водні ресурси та накопичуватися в трофічних ланцюгах.

Таблиця 1

Порівняльна екотоксикологічна характеристика методів захисту рослин

Показник	Біологічний метод	Хімічний метод
Селективність дії	Висока (вибіркова дія)	Низька (широкий спектр)
Період розпаду у довкіллі	7-14 діб	30-180 діб
Вплив на нецільові організми	Мінімальний	Значний
Залишкові кількості в продукції	Відсутні	Присутні (до МДР)
Ризик резистентності	Відсутній	Високий
Вплив на біологічну активність ґрунту	Позитивний/нейтральний	Негативний

Тому важливою перевагою біометоду є відсутність розвитку резистентності, оскільки його дія ґрунтується на природних взаємодіях, що підтверджено трьохрічними дослідженнями без зниження ефективності. Застосування біологічного захисту також забезпечує повну відсутність залишкових токсичних речовин у продукції, що відповідає вимогам безпечного харчування та європейським стандартам якості.

Дослідження ефективності основних груп біологічних агентів, які використовуються в системах захисту сільськогосподарських культур, показали високий рівень контролю шкідників при мінімальному екологічному впливі (табл. 2).

Результати досліджень свідчать, що всі групи біологічних агентів забезпечують високий рівень контролю шкідників. Ефективність *Trichogramma evanescens* проти лускокрилих шкідників становила 72–85%, що наближається до показників

хімічних інсектицидів, але з істотно меншим екологічним ризиком. Препарати на основі *Bacillus thuringiensis* забезпечували 65–78% зниження чисельності гусениць і відзначалися повною безпечністю для корисних організмів.

Таблиця 2

**Ефективність біологічних агентів проти основних шкідників
(середнє за 2023-2025 рр.)**

Біологічний агент	Об'єкт контролю	Ефективність, %	Період дії, діб
<i>Trichogramma evanescens</i>	Лускокрилі шкідники	72-85	14-21
<i>Bacillus thuringiensis</i>	Гусениці	65-78	10-14
<i>Beauveria bassiana</i>	Твердокрилі, попелиці	68-82	7-10
<i>Coccinella septempunctata</i>	Попелиці	75-88	Весь сезон

Ентомопатогенні гриби *Beauveria bassiana* знижували чисельність фітофагів на 68–82% та формували пролонгований захисний ефект. Високу ефективність (75–88%) також показали хижі кокцинеліди, здатні підтримувати стабільний природний контроль попелиць упродовж вегетаційного періоду.

Оптимальні результати досягаються при інтеграції біологічного методу в систему інтегрованого управління шкідниками, що поєднує агротехнічні, біологічні, фізико-механічні та, за потреби, хімічні заходи, знижуючи пестицидне навантаження. Основу системи становлять профілактичні агротехнічні прийоми: обґрунтовані сівозміни, стійкі сорти та оптимальні строки сівби, що обмежують розвиток шкідників..

Біологічний захист застосовувався при досягненні економічного порогу шкідливості на основі регулярного фітосанітарного моніторингу та створення сприятливих умов для природних ентомофагів. Хімічні препарати використовувалися лише у виняткових випадках масових спалахів шкідників. У результаті впровадження системи ІУШ використання інсектицидів скоротилося на 65–72%, а економічна ефективність виробництва зросла на 18–24% за рахунок зменшення витрат і підвищення якості продукції.

Комплексна еколого-економічна оцінка показує, що біологічний метод забезпечує не лише екологічні, але й значні економічні переваги. Прямі витрати на біологічний захист в середньому на 15-20% нижчі порівняно з хімічним захистом за рахунок нижчої вартості біопрепаратів та можливості природного розмноження ентомофагів в агроценозі. Зокрема, вартість одноразового випуску трихограми становить близько 180-220 грн/га, тоді як обробка хімічними інсектицидами – 320-450 грн/га (з урахуванням вартості препарату та витрат на внесення).

Структура економічного ефекту від застосування біологічного методу захисту рослин наведена на рис. 2.

Дані на рис. 2 свідчать про те, що економічний ефект від застосування біометоду складається з кількох компонентів: зниження прямих витрат на захист рослин – 480-650 грн/га; підвищення якості продукції (зниження вологості зерна на 0,5-0,8%, зменшення травмованості зерна шкідниками на 3-5%) та отримання преміальних цін – додатковий дохід становив 850-1200 грн/га; можливість сертифікації продукції як екологічно чистої або органічної з відповідним збільшенням ціни реалізації на 30-40% (для господарства перспектива на майбутнє); зниження ризиків втрати врожаю від резистентних популяцій шкідників, що оцінюється в 5-7% врожайності.

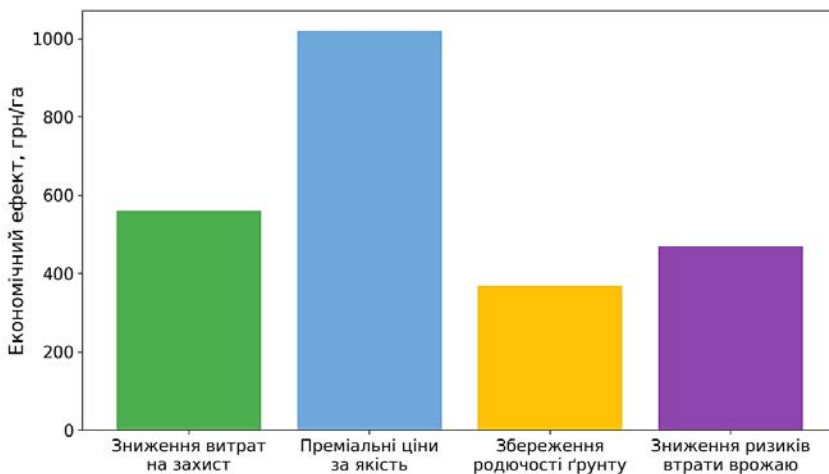


Рис. 2. Структура економічного ефекту від застосування біологічного методу захисту рослин

Екологічний ефект виражається у збереженні родючості ґрунтів (вартість якого оцінюється в 300–450 грн/га на рік за рахунок підвищення біологічної активності), підтриманні біорізноманіття, зниженні забруднення водних ресурсів, що в довгостроковій перспективі забезпечує сталість агровиробництва та збереження природного капіталу [8].

Розрахунок періоду окупності інвестицій у систему біологічного захисту показав 2,5–3,0 роки, що свідчить про економічну доцільність впровадження даної технології.

Висновки. Біологічний метод захисту рослин у Південному Степу України забезпечує значно менше екологічне навантаження порівняно з хімічним, що проявляється у збереженні ґрунтового дихання, підвищенні ферментативної активності та зростанні чисельності ґрунтової мезофауни на 45–60% без накопичення токсичних речовин. Метод характеризується високою селективністю, коротким періодом розпаду (7–14 діб), відсутністю залишків у продукції та ризику резистентності, сприяє відновленню біорізноманіття й збільшенню чисельності ентомофагів і запилювачів у 2,3–2,8 рази. Ефективність біологічних агентів становить 65–88%, а їх інтеграція в систему ІУШ зменшує застосування хімічних інсектицидів на 65–72%. У цілому біологічний метод є екологічно безпечним і ресурсозберігаючим елементом сучасних систем захисту рослин. Еколого-економічна оцінка підтвердила доцільність методу завдяки зниженню витрат, зростанню економічної ефективності на 18–24% та окупності інвестицій упродовж 2,5–3,0 років.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Bale J. S., van Lenteren J. C., Bigler F. Biological control and sustainable food production. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2008. Vol. 363. № 1492. P. 761–776. DOI: 10.1098/rstb.2007.2182
2. Eilenberg J., Hajek A., Lomer C. Suggestions for unifying the terminology in biological control. *BioControl*. 2001. Vol. 46, № 4. P. 387–400. DOI: 10.1023/A:1014193329979

3. Van Lenteren J. C., Bolckmans K., Köhl J., Ravensberg W. J., Urbaneja A. Biological control using invertebrates and microorganisms: plenty of new opportunities. *BioControl*. 2018. Vol. 63, № 1. P. 39–59. DOI: 10.1007/s10526-017-9801-4

3. Ursal V.V., Khodos T.A. Phytosanitary monitoring and integrated crop protection: today's challenges and ways to overcome them. *Ефективні системи захисту рослин як інструмент сталого розвитку аграрного сектору економіки та суспільства: матеріали I Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої Дню науки в Україні, 16 травня 2025 р. Херсон-Кропивницький: ХДАЕУ, 2025. С 76-79.*

4. Технологія вирощування і використання організмів у біологічному захисті рослин / Стефановська Т.Р. та ін. Київ : Агроосвіта, 2015. 254 с.

5. Ходос Т.А., Урсал В.В. Порівняльна ефективність біологізованої та хімічної системи захисту озимої пшениці від шкідливих організмів в умовах Півдня України. *Таврійський науковий вісник*. 2025. Вип. 145. С. 142 - 148. DOI:10.32782/2226-0099.2025.145.2.15

6. Писаренко В.М., Шершило О.О. Цифрові технології в управлінні фітосанітарними ризиками аграрного виробництва. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (2). С. 31 - 36. DOI:10.31210/spi2025.28.02.05

7. Урсал В.В., Ходос Т.А. Інноваційні технології внесення засобів захисту рослин. «Сучасні вектори розвитку аграрної науки» : зб. матер. Міжнар. наук.- практ. конф. до 150 - річчя створення ХДАЕУ, 17-18 вересня 2024 р. С. 128 – 131

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 631.811:631.53.04:633.1/.3(477.63)

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.3.17>

ЕФЕКТИВНІСТЬ СТИМУЛЯТОРІВ РОСТУ ТА МІКРОДОБРІВ У ПОСІВАХ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР ТА СОНЯШНИКУ ПІВНІЧНОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

Циліурик О.І. – д.с-г.н., професор, завідувач кафедри рослинництва,
Дніпровський державний аграрно-економічний університет
orcid.org/0000-0002-7479-8401

Готвянська А.С. – к.с-г.н., доцент кафедри рослинництва,
Дніпровський державний аграрно-економічний університет
orcid.org/0000-0003-3887-3192

Тищенко В.О. – доктор філософії,
Дніпровський державний аграрно-економічний університет
orcid.org/0009-0006-6872-3223

Бойчук А.О. – асистент кафедри рослинництва,
Дніпровський державний аграрно-економічний університет
orcid.org/0009-0007-5762-1835

Міщенко М.Г. – PhD,
Дніпровський державний аграрно-економічний університет
orcid.org/0009-0003-3462-1075

У статті висвітлено результати трирічних польових досліджень (2023–2025 рр.), проведених у північному Степу України на чорноземі звичайному малогумусному, що характеризується середнім вмістом гумусу та достатнім потенціалом природної родючості, проте обмежується дефіцитом продуктивної вологи у критичні фази розвитку культур. Метою досліджень було встановлення агрономічної та економічної ефективності застосування стимуляторів росту і мікродобрив у посівах пшениці озимої, кукурудзи та соняшнику за умов нестійкого зволоження й підвищеного температурного навантаження. Постановка проблеми зумовлена необхідністю стабілізації продуктивності агроценозів, оскільки сучасні сорти й гібриди мають високий генетичний потенціал, однак його реалізація значною мірою стримується абіотичними стресами, що посилюються в умовах кліматичних змін.

Схема досліду передбачала застосування стимулятора росту окремо, мікродобрива окремо та їх комплексного поєднання з подальшою оцінкою врожайності, елементів структури врожаю, біометричних показників, якісних характеристик продукції та економічних параметрів виробництва. Встановлено, що комплексне застосування препаратів активізувало ростові процеси, сприяло формуванню потужнішої кореневої системи, підвищенню коефіцієнта використання елементів живлення та оптимізації фотосинтетичної діяльності посівів.

У середньому за роки досліджень комплексне застосування препаратів забезпечило достовірне підвищення врожайності пшениці озимої з 3,48 до 3,90 т/га, що становить приріст 0,42 т/га або 12,1 % порівняно з контролем. Урожайність кукурудзи зросла з 6,28 до 7,14 т/га, тобто на 0,86 т/га або 13,7 %, що свідчить про високу реакцію культури на позакореневе підживлення та регуляцію ростових процесів. У соняшнику врожайність підвищилася з 2,40 до 2,71 т/га, приріст становив 0,31 т/га або 12,9 %. Таким чином, одержані результати демонструють стабільний позитивний ефект незалежно від біологічних особливостей культури.

Поряд із кількісними показниками відзначено покращення якості продукції. Маса 1000 зерен пшениці зросла на 2,8 г, або 6,8 %, вміст білка підвищився на 0,8 абсолютних



відсотка, що відповідає 6,8 % відносного приросту. У кукурудзи маса 1000 зерен збільшилася на 21 г (7,8 %), вміст крохмалю – на 1,5 абсолютних відсотка (2,1 %). У соняшнику маса 1000 насінин зросла на 4,3 г (7,9 %), а олійність підвищилася на 1,9 абсолютних відсотка, або 3,9 %. Отже, застосування препаратів сприяло формуванню більш повноцінного та якісного врожаю.

Економічний аналіз показав, що додаткові витрати на придбання й внесення препаратів повністю окупилися завдяки приросту валової продукції та покращенню її товарних показників. Рентабельність виробництва зросла на 14,2–18,7 відсоткових пункти залежно від культури, що свідчить про високу господарську ефективність запропонованого агроприйому. Отримані результати підтверджують доцільність інтеграції стимуляторів росту та мікродобрив у систему адаптивного землеробства з метою підвищення стабільності та економічної результативності вирощування польових культур у зоні недостатнього зволоження.

Ключові слова: пшениця озима, кукурудза, соняшник, стимулятори росту, мікродобрива, врожайність, якість зерна, економічна ефективність.

Tsyliuryk O.I., Hotvyans'ka A.S., Tyshchenko V.O., Boychuk A.O., Mishchenko M.H.
Effectiveness of growth stimulants and micro-fertilizers in corn and sunflower crop plants of the Northern Steppe of Ukraine

The article presents the results of three-year field experiments (2023–2025) conducted in the Northern Steppe of Ukraine on ordinary low-humus chernozem characterized by a moderate humus content and a sufficient natural fertility potential, yet limited by a deficit of available soil moisture during critical growth stages of crops. The aim of the research was to determine the agronomic and economic efficiency of applying growth stimulants and micronutrient fertilizers in winter wheat, maize, and sunflower crops under conditions of unstable moisture supply and increased temperature stress. The problem statement is обусловлена the need to stabilize agrocenosis productivity, since modern varieties and hybrids possess high genetic potential, but its realization is significantly constrained by abiotic stresses intensified under climate change.

The experimental design included the separate application of a growth stimulant, a micronutrient fertilizer, and their combined use, followed by the assessment of yield, yield structure elements, biometric parameters, product quality characteristics, and economic performance indicators. It was established that the combined application of the preparations activated growth processes, promoted the formation of a more developed root system, increased nutrient use efficiency, and optimized the photosynthetic activity of crops.

On average over the years of research, the combined application of the preparations ensured a statistically significant increase in winter wheat yield from 3.48 to 3.90 t/ha, which corresponds to an increment of 0.42 t/ha or 12.1% compared to the control. Maize yield increased from 6.28 to 7.14 t/ha, i.e., by 0.86 t/ha or 13.7%, indicating a high responsiveness of the crop to foliar feeding and growth regulation. Sunflower yield rose from 2.40 to 2.71 t/ha, with an increment of 0.31 t/ha or 12.9%. Thus, the obtained results demonstrate a stable positive effect regardless of the biological characteristics of the crop.

Along with quantitative indicators, improvements in product quality were also observed. The 1000-grain weight of winter wheat increased by 2.8 g (6.8%), while protein content rose by 0.8 absolute percentage points, corresponding to a 6.8% relative increase. In maize, the 1000-grain weight increased by 21 g (7.8%), and starch content by 1.5 absolute percentage points (2.1%). In sunflower, the 1000-seed weight increased by 4.3 g (7.9%), and oil content rose by 1.9 absolute percentage points, or 3.9%. Therefore, the application of the preparations contributed to the formation of a more complete and higher-quality yield.

The economic analysis showed that additional costs for purchasing and applying the preparations were fully compensated by the increase in gross output and the improvement of its market characteristics. Production profitability increased by 14.2–18.7 percentage points depending on the crop, confirming the high economic efficiency of the proposed agronomic practice. The obtained results substantiate the feasibility of integrating growth stimulants and micronutrient fertilizers into adaptive farming systems in order to enhance the stability and economic performance of field crop production under conditions of insufficient moisture.

Key words: winter wheat, maize, sunflower, growth stimulants, micronutrient fertilizers, yield, grain quality, economic efficiency.

Постановка проблеми. В умовах північного Степу України, де середньорічна кількість опадів коливається в межах 350–450 мм і є вкрай нестійкою, а їх розподіл протягом вегетаційного періоду (з квітня по вересень) часто нерівномірний з переважанням посушливих умов у літні місяці, продуктивність польових культур значною мірою визначається рівнем оптимізації фізіолого–біохімічних процесів у рослинному організмі. У цих умовах важливого значення набуває застосування стимуляторів росту (наприклад, на основі гумінових кислот, амінокислот чи фітогормонів) та мікродобрив (з вмістом бору, цинку, міді, молібдену), що здатні активізувати кореневу систему, покращити засвоєння елементів живлення на 15–25%, підвищити адаптивність агроценозів до стресових факторів, таких як посуха чи високі температури. Наприклад, обробка насіння пшениці озимої препаратами на основі гумінових речовин може підвищити коефіцієнт використання добрив та стійкість до низьких температур взимку [1, 2, 3].

Особливої актуальності це набуває для пшениці озимої, кукурудзи та соняшнику як стратегічних культур Степової зони, що формують основний обсяг товарної продукції зерна (пшениця озима дає до 40% загального врожаю зернових) та олійної сировини (соняшник – понад 50% олійних культур в Україні). Для пшениці озимої дефіцит вологи в період колосіння та наливу зерна може знизити врожайність на 15–25%, тоді як застосування мікродобрив з бором у фазі 4–6 листків підвищує стійкість до посухи та покращує якісні показники зерна. Кукурудза, як культура з високим споживанням води (до 500–600 мм за вегетацію), страждає від суховіїв, що призводять до зменшення маси зерна; тут ефективні стимулятори на основі амінокислот (аланін, гліцин), які регулюють водний баланс і підвищують урожайність на 10–20% в умовах стресу. Соняшник, адаптований до степових умов, але чутливий до дефіциту вологи в фазі цвітіння, реагує на комплексні мікродобрива з калієм, що покращують водний режим і збільшують вміст олії в насінні на 2–5%. Загалом, інтегроване використання регуляторів росту, стимуляторів, мікродобрив для обробки насіння чи позакореневого підживлення може підвищити врожайність на 5–17 ц/га залежно від культури та умов [4, 5].

У сучасних умовах кліматичних змін агроєкосистеми північного Степу України функціонують під впливом дефіциту продуктивної вологи (зменшення опадів на 5–10% за останні десятиліття) та зростання середньодобових температур у період активної вегетації на 1,5–2 °C, що призводить до зсуву зон зволоження: посушлива зона поширюється на північ, охоплюючи Полтавську, Харківську та частину Київської областей. Це обмежує інтенсивність фотосинтезу через закриття продихів рослин для збереження вологи, порушує мінеральне живлення (зокрема, вилугування азоту та ерозію ґрунтів), знижує коефіцієнт використання макро– і мікроелементів до 40–60% та сприяє поширенню шкідників і хвороб, таких як фузаріоз чи септоріоз на пшениці. У зв'язку з цим актуалізується пошук технологічних рішень, спрямованих на підвищення адаптивності рослин і стабілізацію продуктивності культур, включаючи селекцію стійких сортів, оптимізацію сівозмін (з включенням бобових для покращення ґрунту), впровадження точного землеробства та комбіноване застосування стимуляторів росту з мікродобривами. У перспективі, з урахуванням прогнозів на 2030–2050 рр., коли посухи стануть тривалішими, а теплові хвилі частішими (з температурами понад 35–40 °C), впровадження цих технологій стане ключовим для забезпечення продовольчої безпеки регіону та країни в цілому [6–8].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання мінерального живлення та ролі мікроелементів у формуванні врожайності польових культур розкрито

у низці наукових праць українських та зарубіжних вчених. Зокрема, Г. М. Господаренко [9, 10], у своїх дослідженнях доводить залежність коефіцієнта використання азоту від забезпеченості рослин цинком і міддю, підкреслюючи, що дефіцит цих мікроелементів може знижувати ефективність азотних добрив на 20–30% у ґрунтах степових районів України, де часто спостерігається низька природна родючість. Ним детально розглянуто функції мікроелементів у живленні рослин, їх вплив на врожайність та симптоми дефіциту, з акцентом на застосування мікродобрив для оптимізації живлення в умовах обмеженої вологи. Вчені Д. Г. Тихоненко та В. В. Дегтярьов [11], акцентують увагу на значенні агрофізичних умов ґрунту, таких як щільність, аерація та водний режим, для реалізації потенціалу продуктивності культур, зазначаючи, що ущільнення ґрунту в Степу може знижувати врожайність на 15–25% через обмежене кореневе зростання та поглинання поживних речовин. Вчений J. Lipiec [12] показав, що вплив ущільнення ґрунту на ріст коренів і врожайність культур у Центральній та Східній Європі, включаючи Україну, з рекомендаціями щодо мінімізації механічного навантаження для збереження родючості чорноземів. За даними P. Marschner [13], мікроелементи, такі як цинк, мідь, марганець і молібден, відіграють ключову роль у функціонуванні ферментативних систем рослин, зокрема в процесах фотосинтезу, азотного метаболізму та антиоксидантного захисту, де їх дефіцит призводить до порушення метаболізму та зниження стійкості до стресів. О. Yakhin [14] обґрунтував механізми дії біостимуляторів, таких як гумінові кислоти, амінокислоти та екстракти водоростей, у підвищенні стресостійкості культур шляхом активації сигнальних шляхів, покращення поглинання поживних речовин і посилення антиоксидантної системи, що особливо актуально для абіотичних стресів, як посуха чи засолення. Додатково, Di Sario [15] підкреслює роль біостимуляторів у посиленні стійкості культур до абіотичних стресів, таких як дефіцит вологи, шляхом стимуляції кореневого росту та оптимізації метаболізму, з прикладами застосування на зернових і олійних культурах.

Останні дослідження також фокусуються на синергетичному ефекті поєднання стимуляторів росту з мікродобривами. Наприклад, у роботах Ю. І. Ткаліча [16] та О. І. Цилюрика [17] показано, що комбіноване застосування біостимуляторів і мікродобрив на соняшнику в північному Степу України підвищує врожайність на 10–15% за рахунок покращення росту та розвитку рослин, з акцентом на фази цвітіння та наливу насіння. Аналогічно, Z. F. Yuldasheva, [18] вивчала вплив біостимуляторів і мікродобрив на соняшник, вона встановила зростання врожайності насіння на 12–18% у степових умовах, з синергією в регуляції водного балансу та живлення. Для кукурудзи в південному Степу України Ю. О. Лавриненко та О. А. Гож [19] встановили, що регулятори росту в комбінації з добривами підвищують продуктивність гібридів на 8–14%, покращуючи вегетативний ріст і стійкість до посухи. Щодо пшениці озимої, дослідження О. Вінюков [20] показує ефективність стимуляторів росту в Лівобережному Лісостепу, де врожайність зерна зростає на 5–10 ц/га, а якість покращується завдяки оптимізації живлення та стійкості до низьких температур. У роботі Ю. І. Ткаліча [21] на соняшнику в південному Степу відзначено вплив позакореневого підживлення мікродобривами на продуктивність гібридів, з підвищенням урожаю на 7–12% за рахунок кращого засвоєння елементів. Водночас, попри наявність окремих досліджень, у зоні північного Степу України все ще бракує комплексних робіт щодо синергетичного ефекту поєднання стимуляторів росту з мікродобривами для стратегічних культур, таких як пшениця озима, кукурудза та соняшник, особливо в умовах кліматичних змін

і нестійкого зволоження. Це створює прогалину в розробці адаптивних технологій, які могли б стабілізувати продуктивність агроценозів у регіоні, де посухи стають частішими, а опади нерівномірними. Майбутні дослідження мають фокусуватися на довготривалих польових експериментах для оцінки економічної ефективності та екологічної безпеки таких комбінацій.

Метою дослідження було встановити ефективність застосування стимуляторів росту та мікродобрив у посівах пшениці озимої, кукурудзи та соняшнику за показниками врожайності, якості продукції та економічної ефективності в умовах Північного Степу України.

Матеріали і методи. Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем звичайний малогумусний середньосуглинковий. Вміст гумусу 3,2–3,4 %. Вміст рухомого фосфору – 112–118 мг/кг, калію – 96–104 мг/кг. Реакція ґрунтового розчину – близька до нейтральної (рН 6,5–6,8).

Середньорічна кількість опадів за роки досліджень становила 415 мм, що на 38 мм або 8,4 % менше кліматичної норми. Гідротермічний коефіцієнт у критичні фази розвитку культур знижувався до 0,7–0,8, що свідчить про прояви посушливих умов.

Схема досліду включала 4 варіанти:

1. **Контроль (без обробки);**
2. **Стимулятор росту.** Авангард Стимул – 1,5 л/га (пшениця – фаза кушення, кукурудза – 3–5 листків, соняшник 2–4 пари листків);
3. **Мікродобриво.** Авангард Комплекс Азот + мікро – 4 л/га (пшениця – фаза кушення, кукурудза – 3–5 листків, соняшник 2–4 пари листків);
4. **Стимулятор росту + мікродобриво.** Авангард Стимул – 1,5 л/га + Авангард Комплекс Азот + мікро – 4,0 л/га. Норми препаратів не зменшували при сумісному внесенні, оскільки препарати не дублюють дію.

Повторність – чотириразова.

Виклад основного матеріалу дослідження. Як показали результати досліджень рослини польових культур мали чітко виражену позитивну реакцію на внесення стимуляторів, регуляторів росту та мікродобрив (табл. 1). Аналіз результатів дозволяє встановити як індивідуальну ефективність препаратів, так і їх синергічну дію в баковій суміші.

У варіанті без обробки (контроль) урожайність становила: пшениці – 3,48 т/га, кукурудзи – 6,28 т/га, соняшнику – 2,40 т/га. Ці показники відображають природний рівень продуктивності культур в умовах Північного Степу без застосування позакореневого підживлення.

Застосування лише стимулятора росту забезпечило достовірне підвищення врожайності всіх культур. Так, урожайність пшениці зросла до 3,79 т/га, що на 0,31 т/га більше контролю (+8,9 %). У кукурудзи приріст становив 0,66 т/га (+10,5 %) із формуванням урожайності 6,94 т/га. У соняшнику приріст дорівнював 0,23 т/га (+9,6 %) при врожайності 2,63 т/га. Отримані результати свідчать про активізацію фізіологічних процесів, посилення фотосинтетичної діяльності та кращу адаптацію рослин до абіотичних стресів.

Застосування мікродобрива виявило ще вищу ефективність порівняно з використанням одного стимулятора. Урожайність пшениці підвищилась до 3,88 т/га (+0,40 т/га або +11,5 %), кукурудзи – до 7,02 т/га (+0,74 т/га або +11,8 %), соняшнику – до 2,67 т/га (+0,27 т/га або +11,3 %). Це пояснюється покращенням мінерального живлення, зокрема забезпеченням рослин доступними формами азоту та мікроелементів, що є лімітуючим фактором у ґрунтово-кліматичних умовах Північного Степу.

Таблиця 1

Урожайність польових культур залежно від стимуляторів, регуляторів росту та мікродобрив в середньому за 2023–2025 рр., т/га

Варіант	Пшениця	± до контролю	%	Кукурудза	± до контролю	%	Соняшник	± до контролю	%
Контроль	3,48	–	–	6,28	–	–	2,40	–	–
Стимулятор	3,79	+0,31	8,9	6,94	+0,66	10,5	2,63	+0,23	9,6
Мікродобриво	3,88	+0,40	11,5	7,02	+0,74	11,8	2,67	+0,27	11,3
Стимулятор + мікродобриво	3,90	+0,42	12,1	7,14	+0,86	13,7	2,71	+0,31	12,9
НІР _{0,95,т/га}	0,18	–	–	0,32	–	–	0,12	–	–

Найвищі показники врожайності отримано у варіанті сумісного застосування стимулятора росту та мікродобрива. Урожайність пшениці становила 3,90 т/га, що на 0,42 т/га більше контролю (+12,1 %). У кукурудзи сформовано 7,14 т/га із приростом 0,86 т/га (+13,7 %), у соняшнику – 2,71 т/га з приростом 0,31 т/га (+12,9 %). Порівняно з окремим застосуванням препаратів, сумісне внесення забезпечило додатковий приріст: для пшениці +0,02–0,11 т/га, для кукурудзи +0,12–0,20 т/га, для соняшнику +0,04–0,08 т/га. Це свідчить про наявність синергетичного ефекту, коли покращене мінеральне живлення створює передумови для повнішої реалізації регуляторної дії стимулятора росту.

Найбільш виражена реакція на бакову суміш відмічена у кукурудзи (+13,7 %), що пояснюється високою потребою культури в елементах живлення в ранні фази органогенезу. Дещо менша, але стабільна реакція спостерігалась у пшениці та соняшнику, що підтверджує універсальність технології позакореневого підживлення.

Тобто, найбільш економічно та агрономічно доцільним є сумісне застосування стимулятора росту і мікродобрива, яке забезпечує максимальний приріст урожайності всіх досліджуваних культур та свідчить про комплексний вплив на формування їх продуктивності.

Наведені в таблиці 2 дані свідчать, що сумісне застосування стимулятора росту та мікродобрива позитивно вплинуло не лише на рівень урожайності, а й на формування якісних показників продукції, що є визначальним критерієм економічної ефективності технології.

Таблиця 2

Вплив препаратів на якісні показники продукції

Показники	Контроль	Стимулятор + мікродобриво	±	%
Маса 1000 зерен пшениці, г	41,2	44,0	+2,8	6,8
Вміст білка, %	11,8	12,6	+0,8	6,8
Маса 1000 зерен кукурудзи, г	268	289	+21	7,8
Вміст крохмалю, %	71,4	72,9	+1,5	2,1
Маса 1000 насінин соняшнику, г	54,6	58,9	+4,3	7,9
Вміст олії, %	48,2	50,1	+1,9	3,9

Щодо пшениці озимої у варіанті з використанням бакової суміші маса 1000 зерен зростала з 41,2 г у контролі до 44,0 г, тобто на 2,8 г або 6,8 %. Збільшення цього показника свідчить про краще наливання зерна та ефективніше використання асимілянтів у період формування врожаю. Поліпшення забезпеченості рослин елементами живлення в поєднанні з активізацією фізіологічних процесів сприяло інтенсивнішому синтезу пластичних речовин.

Вміст білка підвищився з 11,8 до 12,6 %, що становить приріст 0,8 % (6,8 % відносно контролю). Зростання білковості зерна пояснюється покращенням азотного живлення та ефективнішим засвоєнням азоту завдяки стимулюючій дії препарату. Для продовольчого зерна пшениці навіть підвищення білка на 0,5–0,8 % має суттєве технологічне значення, оскільки впливає на класність і хлібопекарські властивості.

У кукурудзи маса 1000 зерен зросла з 268 до 289 г (+21 г або 7,8 %). Це вказує на інтенсивніше накопичення сухої речовини в період наливу зерна та оптимізацію фотосинтетичної діяльності посівів. Підвищення крупності зерна є важливим фактором збільшення виходу продукції та покращення її технологічних характеристик.

Вміст крохмалю збільшився з 71,4 до 72,9 %, тобто на 1,5 % (2,1 % відносно контролю). Хоча відносний приріст є помірним, абсолютне підвищення крохмалистості має суттєве значення для кормового та переробного використання зерна, оскільки визначає його енергетичну цінність. Отримані результати свідчать про ефективніший перебіг процесів вуглеводного обміну під впливом комплексного живлення.

У соняшнику маса 1000 насінин зросла з 54,6 до 58,9 г, що становить приріст 4,3 г або 7,9 %. Це свідчить про краще забезпечення рослин елементами живлення в критичні фази органогенезу, зокрема в період формування та наливу насіння.

Олійність насіння підвищилася з 48,2 до 50,1 %, тобто на 1,9 % (3,9 % відносно контролю). Для культури олійного напряму таке підвищення є економічно значущим, оскільки безпосередньо впливає на вихід олії з одиниці площі. Покращення цього показника можна пояснити активізацією синтезу ліпідів у насінні за умов оптимального мінерального живлення та збалансованого фізіологічного стану рослин.

Тобто, застосування стимулятора росту в поєднанні з мікродобривом сприяло:

- покращенню наливу зерна та насіння (збільшення маси 1000 зерен на 6,8–7,9 %);

- підвищенню вмісту білка в зерні пшениці на 0,8 %;

- збільшенню крохмалистості зерна кукурудзи на 1,5 %;

- підвищенню олійності насіння соняшнику на 1,9 %.

Комплексне застосування стимуляторів росту та мікродобрив сприяло посиленню розвитку кореневої системи, збільшенню площі листової поверхні на 9–12 %, підвищенню фотосинтетичної продуктивності на 10–15 % порівняно з контролем. В умовах дефіциту вологи це забезпечило кращу реалізацію потенціалу врожайності.

Мікроелементи (цинк, бор, мідь, марганець) активізували ферментативні процеси, покращили синтез білків і вуглеводів, що позитивно відобразилось на структурі врожаю. Синергетичний ефект сумісного застосування перевищував окрему дію препаратів на 2–4 %.

Аналіз економічної ефективності застосування стимуляторів росту, регуляторів та мікродобрив у посівах польових культур в умовах Північного Степу України

засвідчив про чітко виражену позитивну реакцію агроценозів на інтенсифікацію технологічних прийомів, що супроводжується підвищенням рівня врожайності та покращенням фінансово-економічних показників виробництва порівняно з контролем на 14,2–18,7 %.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Комплексне застосування стимуляторів росту та мікродобрив у північному Степу України забезпечує достовірне підвищення врожайності пшениці на 12,1 %, кукурудзи – на 13,7 %, сояшнику – на 12,9 %. Відмічено покращення якісних показників продукції: маса 1000 зерен пшениці зросла на 2,8 г (6,8 %), вміст білка – на 0,8 абсолютних відсотка (6,8 %); у кукурудзи маса 1000 зерен збільшилася на 21 г (7,8 %), вміст крохмалю – на 1,5 абсолютних відсотка (2,1 %); у сояшнику маса 1000 насінин зросла на 4,3 г (7,9 %), вміст олії – на 1,9 абсолютних відсотка (3,9 %). Паралельно, зростає економічна ефективність виробництва на 14,2–18,7 %. Отримані результати підтверджують доцільність включення стимуляторів росту та мікродобрив до адаптивних технологій вирощування польових культур у зоні недостатнього зволоження.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на вивчення впливу препаратів на агрофізичний стан ґрунту, водоспоживання культур та енергоефективність технологій. Визначення оптимальних норм внесення та строків обробки для різних агрокліматичних зон.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Tkalic Y. I., Tsyliuryk O. I., Masliiov S. V., Kozechko V. I. Interactive effect of tank-mixed post emergent herbicides and plant growth regulators on corn yield. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2018. Vol. 8, No. 1. P. 961–965.
2. Циліурик О. І. Вплив попередників, добрив та погодних умов на продуктивність та якість зерна озимої пшениці в умовах підзони північного Степу України. Наукові праці Полтавської державної аграрної академії. 2005. Вип. 4 (23). С. 230–235.
3. Циліурик О. І. Вплив способів основного обробітку чистого пару на агрофізичні властивості та водний режим ґрунту. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2009. Вип. 71. С. 31–36.
4. Коноваленко Л. І., Моргунов В. В., Петренко К. В. Ефективність різних регуляторів росту рослин та біопрепаратів в умовах Степу. *Агроекологічний журнал*. 2013. № 2. С. 51–56.
5. Циліурик О. І., Десятник Л. М., Березовський С. В. Забур'яненість агроценозів кукурудзи під впливом обробітку ґрунту та удобрення в північному Степу України. *Зернові культури*. 2020. Т. 4, № 1. С. 152–159.
6. Дегодюк Е. Г., Дегодюк С. Е., Борко Ю. П., Літвінова О. А., Ігнатенко Ю. О., Мулярчук А. О. Тривалий моніторинг аридизації в землеробстві до змін і за змін клімату в Україні. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2021. Т. 12, № 4. С. 102–114.
7. Rokochinskiy A., Volk P., Kuzmych L., Koptiuk R., Volk L., Prykhodko N., Kuzmych A. Forecast assessment of water regime efficiency and changes in water consumption on drained lands of Western Polissia of Ukraine in a changing climate. *Discover Applied Sciences*. 2024. Vol. 7, No. 1. Article 6.
8. Rudik O., Vozhehova R., Lykhovyd P., Serhieiev L., Chuhan V. Agrotechnological and economic importance of the heat supply forecasting for the post-harvest period in the dry Steppe Zone of Ukraine. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*. 2024. Vol. 24, No. 3.
9. Господаренко Г. М., Любич В. В., Бурляй О. Л., Притуляк Р. М. Агрохімічні властивості чорнозему опідзоленого за різних доз азотних добрив і їх поєднання з іншими видами мінеральних добрив. *Аграрні інновації*. 2022. № 14. С. 18–22.

10. Господаренко Г. М., Любич В. В., Мартинюк А. Т. Агрохімічні властивості ґрунту за тривалого застосування мінеральних добрив. *Аграрні інновації*. 2023. № 19. С. 34–38.
11. Тихоненко Д. Г., Дегтярьов В. В., Величко В. А. Фізичні основи родючості ґрунтів. *Вісник аграрної науки*. 2012. № 11. С. 6–9.
12. Lipiec J., Doussan C., Nosalewicz A., Kondracka K. Effect of drought and heat stresses on plant growth and yield: a review. *International Agrophysics*. 2013. Vol. 27, No. 4.
13. Marschner P. Processes in submerged soils – linking redox potential, soil organic matter turnover and plants to nutrient cycling. *Plant and Soil*. 2021. Vol. 464, No. 1. P. 1–12.
14. Yakhin O. I., Lubyantsov A. A., Yakhin I. A., Brown P. H. Biostimulants in plant science: a global perspective. *Frontiers in Plant Science*. 2017. Vol. 7. Article 2049.
15. Di Sario L., Boeri P., Matus J. T., Pizzio G. A. Plant biostimulants to enhance abiotic stress resilience in crops. *International Journal of Molecular Sciences*. 2025. Vol. 26, No. 3. Article 1129.
16. Tkachuk Y. I., Tsyliuryk O. I., Kokhan A. V., Yevtushenko H. O., Gonzalez P. H. Efficacy of growth regulators for maize fields. *Agrology*. 2023. Vol. 6, No. 4. P. 97–103.
17. Tsyliuryk O. I., Horshchar V. I., Izhboldin O. O., Kotchenko M. V., Rumbakh M. Y., Hotvianska A. S., Chornobai V. H. The influence of biological products on the growth and development of sunflower plants (*Helianthus annuus* L.) in the northern steppe of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. Vol. 11, No. 3. P. 106–116.
18. Yuldasheva Z. F., Karabayeva D. J. The effect of different doses of different biostimulants on the yield of oily sunflower. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2023. Vol. 1142, No. 1. Article 012097.
19. Лавриненко Ю. О., Гож О. А. Вплив стимуляторів росту і мікродобрив на урожайність зерна гібридів кукурудзи в умовах зрошення на півдні України. *Зрошуване землеробство*. 2015. Вип. 63. С. 58–61.
20. Вінюков О., Баян А. В., Ліхущина Г., Бондарева О., Скнипа Н. Л. Економічна ефективність використання регуляторів росту при вирощуванні зернових культур на різних фонах живлення в посушливих умовах східної частини Північного Степу України. *Вісник аграрної науки*. 2024. Т. 102, № 5. С. 61–69.
21. Ткаліч Ю. І. Вплив мікродобрив і стимуляторів росту рослин на продуктивність соняшнику у Північному Степу України. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2016. Вип. 23. 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 635.15:631.5

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.3.18>

РОЛЬ РІСТРЕГУЛЯЦІЇ У ВАРІАНТАХ КОМБІНОВАНИХ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ У ФОРМУВАННІ ТОВЩИНИ СТІНОК СТЕБЛА ГІБРИДІВ РІПАКУ ОЗИМОГО

Цицюра Я.Г. – к.с.-г.н., доцент кафедри

землеробства, ґрунтознавства та агрохімії,

Вінницький національний аграрний університет

orcid.org/0000-0002-9167-833X

Вирощування ріпаку озимого супроводжується рядом технологічних ризиків з позицій оптимальності формування архітекτονіки агроценозу на фоні відповідної його щільності, застосування відповідного природнього ґрунтового та внесеного агрохімічного агрофону у комплексі з системою захисту. Одним із таких ризиків є загроза вилягання посівів (стеблова чи коренева) зумовлена цілим рядом причин, основними з яких є неоптимальність агрофону, надмірне зволоження, загущення посівів тощо. У цьому плані, одним із напрямків, який дозволяє поєднувати високу біопродуктивність агроценозів ріпаку озимого на високих рівнях агрохімічного забезпечення для максимально повної реалізації генотипового врожайного потенціалу – є формування відповідної поперечної анатомії стебла культури, яка б гарантувала міцність та відповідну їй відсутність вилягання рослин в посівах.

Для досягнення поставленої мети застосовуються два базових підходи. Перший – селекція генотипів з формуванням стебла відповідної механічної міцності. Другий – використання рістрегуляторів, які забезпечили б позитивний вплив на зростання щільності тканин стебла, формування стінок більш міцніших за рахунок інтенсивного фізіологічного впливу на співвідношення лінійного та радіального росту гістоелементів рослинного організму.

У статті наведено результати трьохрічного циклу досліджень (2022–2025 рр.) вирощування ріпаку озимого двох високоінтенсивних гібридів Домінатор та Абсолют за комбінованого використання системи рістрегуляторів Карамба Турбо (0,65 л/га) + Букат (0,35 л/га у фенологічні фази розетки (восени, ВВСН 14–16) і стеблуння (ВВСН 35–39) на фоні комплексної оптимізації основного блоку живлення та системи позакоренових підживлень.

Для досліджень було використана система польових та лабораторних мікроскопічних оцінок з метою обліку загальної товщини стінок стебла рослин гібридів ріпаку озимого, а також їх мікроскопічне співставлення у розрізі застосованих технологічних варіантів відповідно до сформованої схеми.

Встановлено, що запропонований варіант бінарного за феностадіями росту і розвитку гібридів ріпаку озимого та комбінованого з позиції використання діючих речовин рістрегуляторів забезпечує істотне підвищення товщини стінок стебла ріпаку озимого в зоні потенційного їх стеблового зламу з приростом на рівні 32,52% (у відносному виразі) для гібриду Домінатор та 26,90% у гібриду Абсолют у співставленні до контрольного варіанту без рістрегуляції за базового блоку основного удобрення та повної відсутності системи позакоренових підживлень. У результатуючому підсумку, це формує позитивні передумови для оптимізації загального показника стійкості до стеблового вилягання вивчаємих генотипів і можливості їх вирощування за умов додаткового зволоження та істотного поліпшення агрофону за кількістю і дозуванням застосованих добрив, особливо азотних.

Ключові слова: ріпак озимий, рістрегуляція, системи живлення, товщина стінок стебла, стійкість до вилягання, анатомічна поперечна структура стебла.

Tsytsiura Y.G. The role of growth regulation in combined fertilization systems in forming stem wall thickness of winter rapeseed hybrids

The cultivation of winter rapeseed is associated with several technological risks related to the optimal formation of agroecosis architectonics under appropriate plant density, the use of



© Цицюра Я.Г., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

suitable natural soil conditions and applied agrochemical backgrounds, in combination with crop protection systems. One of these risks is the threat of crop lodging – either stem or root lodging – caused by several factors, the main ones being suboptimal agrochemical background, excessive moisture, and crop thickening. In this regard, one of the approaches that allow combining high bioproductivity of winter rapeseed agroecosystems with high levels of agrochemical supply for the maximum realization of the genotype yield potential is the formation of an appropriate transverse anatomical structure of the crop stem, which would ensure its strength and prevent plant lodging in the crop stand. To achieve this goal, two basic approaches are used. The first involves the selection of genotypes capable of forming stems with appropriate strength. The second approach is the use of growth regulators that positively influence the strengthening of stem tissues and the formation of thicker and stronger stem walls due to their intensive physiological effect on the balance between linear and radial growth of the histological elements of the plant organism.

The article presents the results of a three-year research cycle (2022–2025) on the cultivation of two high-intensity winter rapeseed hybrids, Dominator and Absolut, using a combined system of growth regulators Caramba Turbo (0.65 L/ha) + Bukat (0.35 L/ha) applied during the phenological stages of rosette formation (autumn, BBCH 14–16) and stem elongation (BBCH 35–39) against the background of comprehensive optimization of the main fertilization block and a foliar fertilization system. For the research, a system of field and laboratory microscopic assessments was applied to determine the total stem wall thickness of winter rapeseed hybrid plants, as well as their microscopic comparison within the applied technological variants according to the experimental scheme. It was established that the proposed variant–binary in terms of growth and development phenostages of winter rapeseed hybrids and combined in terms of active substances of growth regulators – ensures a significant increase in the stem wall thickness of winter rapeseed in the zone of potential stem breakage. The increase reached 32.52% (relative value) for the Dominator hybrid and 26.90% for the Absolut hybrid compared with the control variant without growth regulation under the basic fertilization block and complete absence of foliar fertilization. As a result, this creates favorable conditions for optimizing the overall resistance to stem lodging of the studied genotypes and for their cultivation under conditions of additional moisture supply and significant improvement of the agrochemical background through increased dosage of nitrogen fertilizers.

Key words: winter rapeseed, growth regulation, fertilization systems, stem wall thickness, lodging resistance, transverse anatomical structure of the stem.

Постановка проблеми. Важливим аспектом гармонізації та оптимізації ростових процесів ріпаку озимого є застосування ефективних регуляторів росту – компонентів без яких сьогодні важко уявити доцільний варіант високоефективної технології вирощування ріпаку озимого [1, с. 1–2; 2, с. 67–68]. Слід зауважити, що за останній період розроблено діючі речовини рістрежуючих речовин та морфорегуляторів, які мають досить відчутні ефективні механізми впливу на морфогенез рослин ріпаку озимого. Це підтверджено дозволенням до використання в Україні переліком препаративних форм де до групи рістрежуючих препаратів віднесено близько 300 препаратів різноманітного спектру дії [3, с. 5–7; 4, с. 82–83]. Разом з тим, така різноманітність зареєстрованих препаративних форм та наявність не менше 7 основних груп рістрежуючих речовин, які використовуються в агроценозах озимого ріпаку [5, с. 1] – формує необхідність у вивченні варіантів їх застосування та вибору найбільш доцільного з них, з позиції можливого комбінаційного поєднання з різними системами удобрення та захисту. Таке узагальнення підкреслює актуальність та виробничу значимість проведених досліджень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Визначено, що основна функція рістрежуючих речовин за вирощування ріпаку озимого – оптимізація процесу перезимівлі за рахунок формування морфотипу рослин найбільш стійкого до низьких температур та інших несприятливих факторів з одного боку, а з іншого – забезпечення формування компактної структури рослин ріпаку озимого у весняно-літній період з метою отримання найбільш продуктивно доцільної мофологічної моделі рослин [6, с. 28–29].

З рістрегуляторів на ріпаку озимому найчастіше використовують препаративні їх форми в основі яких знаходяться азоли Фолікур (0,3–0,7 л/га), Карамба та Карамба Турбо (0,7–1,4 л/га), Сетар (0,3–0,5 л/га) та ряд інших [7, с. 148–149]. Основний функціонал рістрегулюючих речовин забезпечує зміну динаміки ростових процесів стебла, стимуляцію розвитку корневих систем, оптимізацію морфометрії точки росту, перерозподіл вуглеводів між надземною та підземною частинами рослин, зниження оводненості тканин листка тощо [8, с. 1236–1237].

Доведено також, що сучасні рістрегулятори для ріпаку озимого виконують також антифітопатогенну функцію обмежуючи низку хвороб та знижуючи їх шкодочинність в інтервалі від 7,5 до 20,8% [9, с. 533–534; 10, с. 231–232].

Слід відмітити, що використання регуляторів росту в агроценозах ріпаку озимого має певні особливості і направлене у першу чергу на зменшення діаметру кореневої шийки рослин на 5,5–18,9%, висоти рослин на 6,9–11,7%, збільшення кількості листків на 4,3–9,6%, зниження висоти положення точки росту над поверхнею ґрунту на 7,7–11,4%, збільшення довжини кореневої системи на 9,3–14,2%, а також загальне зниження поширеності хвороб листків та стеблової частини у середньому на 10,5–17,2% [11, с. 111–112]. При цьому, приріст урожайності насіння ріпаку озимого від застосування рістрегуляторів коливається у дуже широких межах від 0,11 до 0,95 т/га [12, с. 3–4]. Відмічено, що головною метою використання регуляторів росту у комбінуванні з системою удобрення агроценозів ріпаку озимого є в першу чергу зменшення загальної довжини стебла рослин, що оптимізує габітус рослин та перешкоджає їх переростанню [5, с. 2–3]. Також важливим є зниження загального вмісту вологи в тканинах, що сприяє як підвищенню стресостійкості самих рослин, так і зростанню їх стійкості до грибкових захворювань [9, с. 535]. Відмічено, що азоли сприяють також оптимізації процесу закладення пазушних бруньок та тропачії точки росту, що у разі підвищує зимостійкість рослин озимого ріпаку [13, с. 96; 14, с. 2–3]. Встановлено також, що відмічені процеси морфорегуляції рослин озимого ріпаку, стимулюючи процеси акумуляції асимілянтів, формують передумови для надранніх термінів початку ростових процесів після відновлення вегетації [15, с. 80–81].

З іншого боку, на сьогодні, є нагальна потреба в системному вивченні рістрегуляції, яка базується на оцінці її взаємодії з системою імплементованого удобрення у варіантах ґрунтового та листкового живлення.

Метою дослідження було вивчення ефективності варіантів рістрегуляції у регулюванні морфогенезу рослин ріпаку озимого як додаткового компоненту реалізації продуктивного потенціалу сучасних гібридів ріпаку озимого, що й стало метою наших досліджень.

Матеріали та методи дослідження. Дослідження проведено у період 2022–2025 років на на сірих лісових ґрунтах з таким потенціалом показників родючості: вміст гумусу 2,00 %, лужногідролізного азоту (за Корнфілдом) 81 мг/кг ґрунту, рухомого фосфору (за Мачигінім) 171,9 мг/кг ґрунту, обмінного калію (за Чиріковим) 129 мг/кг ґрунту при рН 6,3. Загальна схема досліду представлена в табл. 1.

Дослід передбачав 4-х разову повторність з площею облікової ділянки 50 м². Строк сівби – третя декада серпня–перша декада вересня нормою 500 тис. насінин/га з міжряддям 35 см.

Попередником у досліді була озима пшениця. Система обробітку ґрунту включала дискування у два сліди на 6–8 см та оранку на глибину 23–25 см. Передпосівний обробіток включав комплексний передпосівний обробіток з вирівнюванням та післяпосівним коткуванням.

Таблиця 1

Загальна схема дослідів вивчення оптимізації технології вирощування гібридів ріпаку озимого за комбінованої системи удобрення та рістрегуляції

Гібрид (чинник А)	Основний блок удобрення (чинник В)	Застосування фунгіцидів рістрегуляторів (чинник С)	Позакореневе підживлення мікродобривами (чинник D)
Абсолют (Limagrain) (A ₁)	Базовий (B ₁): (Діамофоска N-10% P-26% K-26% 231 кг/га (131 кг/га під оранку + 100 кг/га (BVCH 00 при посіві)) + BVCH 20: карбамід (167 кг/га, по мерзлоталому ґрунту весною)	Контроль (без обробки) (C ₁)	Без підживлення (D ₁)
			BVCH 31–34: Розалік (В) (1 л/га) + ад'ювант Спрей-Ейд (0,08 л/ га) (D ₂)
			BVCH 51–53: Розасоль 18-18-18+ME (3 кг/га) + ад'ювант Спрей-Ейд (0,08 л/га) (D ₃)
			Комбінація варіантів D ₂ та D ₃ (D ₄)
	Норма внесення для варіанту – N ₁₀₀ P ₆₀ K ₆₀	BVCH 14–16 + BVCH 35–39: Карамба Турбо (0,65 л/га) + Букат (0,35 л/га) (C ₂)	Без підживлення (D ₁)
			BVCH 31–34: Розалік (В) (1 л/га) + ад'ювант Спрей-Ейд (0,08 л/ га) (D ₂)
			BVCH 51–53: Розасоль 18-18-18+ME (3 кг/га) + ад'ювант Спрей-Ейд (0,08 л/га) (D ₃)
			Комбінація варіантів D ₂ та D ₃ (D ₄)
Домінатор (DSV) (A ₂)	Поліпшений (B ₂): (Діамофоска N-10% P-26% K-26% +1S (144 кг/га під оранку) + 150 кг/га Росаферт 15-15-15 (BVCH 00 при посіві) + BVCH 20: КАС-32 (189 л/га) + Тіосульфат амонію (22 л/га) (по мерзлоталому ґрунту весною)	Контроль (без обробки) (C ₁)	Без підживлення (D ₁)
			BVCH 31–34: Розалік (В) (1 л/га) + ад'ювант Спрей-Ейд (0,08 л/ га) (D ₂)
			BVCH 51–53: Розасоль 18-18-18+ME (3 кг/га) + ад'ювант Спрей-Ейд (0,08 л/га) (D ₃)
			Комбінація варіантів D ₂ та D ₃ (D ₄)
	Норма внесення для варіанту – N ₁₀₀ P ₆₀ K ₆₀ S ₃₀	BVCH 14–16 + BVCH 35–39: Карамба Турбо (0,65 л/га) + Букат (0,35 л/га) (C ₂)	Без підживлення (D ₁)
			BVCH 31–34: Розалік (В) (1 л/га) + ад'ювант Спрей-Ейд (0,08 л/ га) (D ₂)
			BVCH 51–53: Розасоль 18-18-18+ME (3 кг/га) + ад'ювант Спрей-Ейд (0,08 л/га) (D ₃)
			Комбінація варіантів D ₂ та D ₃ (D ₄)

У досліді вирощувалось два гібриди ріпаку озимого – середньоранній Домінатор (DSV) та середньостиглий Абсолют (Limagrain). Контроль за хворобами,

бур'янами та шкідниками була характерною для зони досліджень із використанням таких препаратів: гербіцид Бутізан Авант (2,5 л/га), інсектициди та фунгіциди кіллітоп (1,5 л/га), інстрайкер (0,2 л/га), фунгіцид Дерозал (0,5 л/га), Еванс (0,15 л/га), Кларк (0,4 кг/га), Вето (0,5 л/га), Інстрайкер (0,2 л/га), Піктор (0,4 л/га) та Біскайя (0,5 л/га).

У якості рістрегуляторів було використано у фазу осінньої розетки (ВВСН 14–16) та фазу стеблуння (ВВСН 35–39) Карамба Турбо (0,65 л/га) + Букат (0,35 л/га).

Букат 500 КС (Тебуконазол, 500 г/л). Ефект рістрегуляції виявляється за дії цього препарату у формі зниження темпів росту рослини у довжину, активізації синтезу запасючих речовин у коренях, зниження загальної оводненості рослин, активізації росту та галуження кореневої системи.

Карамба Турбо (30 г/л Метконазол, 210 г/л Мепікват-хлорид у формі розчинного концентрату). Його дія ґрунтується на прямій дії метконазолу і мепікватхлориду через процеси впливу на біосинтез гіббереллінів, що у кінцевому варіанті впливає на вертикальний та радіальний ріст рослин ріпаку озимого, закладення плодоеlementів та формування генеративної архітекtonіки рослин в тому числі впливає на перерозподіл асимілянтів.

Обліки основних фенологічних фаз проводили у відповідності до міжнародної шкали ВВСН [16, с. 17].

Основний параметр з загального списку важливих анатомічних критеріїв морфогенезу стебла ріпаку озимого, який обліковувався у досліді і який визначає стійкість рослин до стеблового вилягання та можливість зниження втрат насіння на стадії його дозрівання та збирання – є товщина стінок стебла, що узгоджується з рядом висновків [16, с. 18–22].

Товщину стінок стебла рослин ріпаку озимого визначали шляхом аналізу зрізу стебла на висоті 30 см над поверхнею ґрунту у 25 типових рослин на фазу повністю сформованих стручків (ВВСН 77–79) у межах дослідних ділянок у кожному повторенні використовуючи для вимірів електронний мікрометр PROTESTER 5202-25 ($\pm 0,001$ мм).

Анатомічне вивчення зразків стебел було проведено із використанням поперечних анатомічних зрізів відібраних зразків стебла із дослідних варіантів та їх обробкою за використання світлового бінокулярного мікроскопа «XSG–109L Біомед» з додатковим комплексом USB-мікроскопії із застосуванням Sigeta MCMOS 5100 5.1 MP USB 2.0 з відповідним йому програмним забезпеченням для обробки цифрових зображень у полі зору мікроскопа.

Погодні умови за період досліджень було обліковано з використанням даних середньодобової температури ($^{\circ}\text{C}$), суми опадів (мм) з режимом середньої щодобової фіксації за даними датчиково-логерної метеостанції (WMO ID=33562) ($49^{\circ}14'60''$ пн. ш. $28^{\circ}31'60''$ сх. д. на висоті 295 метрів над рівнем моря).

Статистична оцінка результатів досліджень була проведена за використання спектру загальноприйнятих статистичних методів дисперсійного, аналізу з використанням пакету статистичної програми Statistica 10.0 [17, с. 105–110, с. 180–196].

Виклад основного матеріалу дослідження. За результатами аналізу гідротермічних умов періоду вегетації гібридів ріпаку озимого у досліді за критерієм оптимальності забезпечення формування морфологічних параметрів стебла загальної лінійного характеру та поперечно-анатомічного типу слід ранжувати у такому порядку за зростанням оптимальності: 2024/2025 – 2023/2024 – 2022/2023 періоди вегетації (рис. 1).

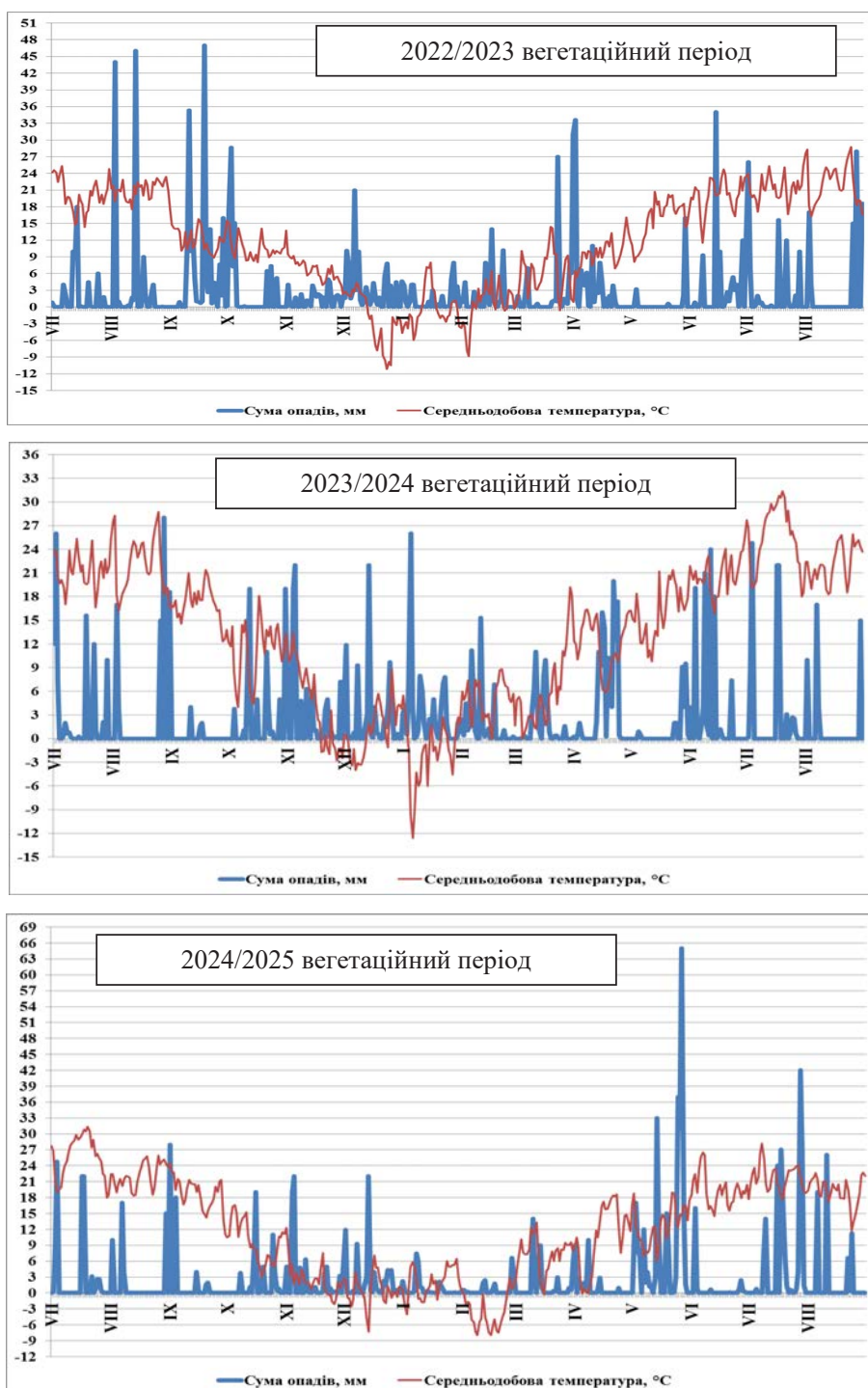


Рис. 1. Гідротермічний режим періодів вегетації ріпаку озимого за повний цикл досліджень, 2022–2025 рр.

Встановлено також, істотні відмінності формування показника товщини стінок стебла ріпаку озимого у розрізі вивчаємих варіантів досліду (табл. 2).

Таблиця 2

**Товщина стінок стебла у гібридів ріпаку озимого
залежно від досліджуваних варіантів, 2022–2025 рр., мм**

Основний блок удобрєння (В)	Регулятор росту (С)	Позакореневе підживлення (D)	Гібрид Домінатор	Гібрид Абсолют
Базовий (В ₁): (Діамофоска 231 кг/га (131 кг/га під оранку + ВВСН 00: 100 кг/га при посіві) ВВСН 20: карбамід (167 кг/га) (по мерзлоталому ґрунту весною) Норма: N ₁₀₀ P ₆₀ K ₆₀	Контроль без обробки (C ₁)	Без підживлення (D ₁)	2,33	2,54
		ВВСН 31–34: Розалік (В) (1 л/га) + ад'ювант Спрей- Ейд (0,08 л/га) (D ₂)	2,44	2,65
		ВВСН 51–53: Розасоль 18-18-18+МЕ (3 кг/га) + ад'ювант Спрей-Ейд (0,08 л/га) (D ₃)	2,36	2,56
		Комбінація варіантів D ₂ та D ₃ (D ₄)	2,49	2,73
	ВВСН 14–16 + ВВСН 35–39: Карамба Турбо (0,65 л/га) + Букаг (0,35 л/га) (C ₂)	D ₁	2,83	2,88
		D ₂	2,82	2,95
		D ₃	2,76	2,91
		D ₄	2,93	3,03
Поліпшений (В ₂): (Діамофоска +1S (144 кг/га під оранку) + ВВСН 00: Росаферт 15-15-15 (150 кг/га при посіві); ВВСН 20: КАС-32 (189 л/ га) + Тіосульфат амонію (22 л/га)) (по мерзлоталому ґрунту весною) Норма: N ₁₀₀ P ₆₀ K ₆₀ S ₃₀	C ₁	D ₁	2,47	2,68
		D ₂	2,62	2,79
		D ₃	2,54	2,78
		D ₄	2,73	2,95
	C ₂	D ₁	2,84	2,98
		D ₂	2,93	3,10
		D ₃	2,87	3,02
		D ₄	3,08	3,22
НІР ₀₅ , мм для факторів досліду та їх взаємодії				
A			0,03	0,03
B			0,02	0,03
C			0,02	0,03
D			0,03	0,04
AB			0,04	0,04
AC			0,04	0,04
AD			0,06	0,06
BC			0,03	0,04
BD			0,05	0,05
CD			0,05	0,05
ABC			0,06	0,06
ABD			0,08	0,09
ACD			0,08	0,09
BCD			0,07	0,07
ABCD			0,12	0,13

Слід відмітити, що сама величина показника у середньому по досліді була на рівні 2,68 мм у гібриді Домінатор та 2,86 мм у гібриді Абсолют, що становить 10,4% та 12,2% від загального діаметру стебла відповідно у згаданих гібридів.

З позиції оцінки механічної міцності стебла [18, с. 10–14] ріпаку озимого, таке значення частки стінки вказує на високу анатомічну міцність стебла та високу стійкість гібридів до стеблового вилягання. При цьому гібрид Абсолют за цим параметром прогнозовано має певні переваги перед гібридом Домінатор, що дозволяє вирощувати Абсолют на вищих агрофонах за більших густот стояння на підставі ряду проведених оцінок [19, с. 854–855].

З позиції впливу на даний показник за фактором варіантів основного блоку удобрення (фактор В) з часткою впливу на рівні 10,3% відмічено в середньому по факторах С та D приріст показника у співставленні варіантів B_2 до B_1 у значенні 12,0% для гібриду Домінатор та 10,7% для гібриду Абсолют. Тобто застосування одночасно трьох форм азоту в блоці ранньовесняного внесення у формі КАС 32 (варіант B_2) формує більш статистично істотний позитивний вплив на діаметричну морфологію стебла, що узгоджується з практичними висновками щодо ролі різних форм азоту в формуванні архітектоніки ріпаку озимого [20, с. 2; 21, с. 4–5].

Як наголошується при цьому, амідна форма азоту направлена на більшу стимуляцію загальної білковості листостеблової маси, загальне збільшення асиміляційної поверхні, ніж на формування скелетних елементів рослини [22, с. 1659–1660]. Подібні висновки цілком співзвучні і з результатами наших оцінок та досліджень.

Вплив рістрегуляторів на величину показника також був позитивним, тільки на відміну від чинника діаметру стебла вплив був дещо нижчим на рівні 12,7% для гібриду Домінатор та 13,3% у гібриду Абсолют. З огляду на близькість значень впливу факторів основного блоку удобрення та ріст регуляції, та наявності статистично значимих взаємодій факторів у комбінації факторів BCD на рівні 2,1–3,2% – слід відмітити рівносильний вплив у формуванні товщини стінок стебла як з позиції варіанту основного фонових живлення, так і з позиції морфоко-рекуючої рістрегуляції.

З іншого боку повідомляється, що застосування рістрегуляторів типу Карамба Турбо формує позитивний вплив на розвиток механічної структури стебла, зокрема склеренхімних елементів, механічних елементів провідної системи, гіподерми стеблової стінки тощо з зафіксованим приростом у значенні від 5,8 до 15,9% [14, с. 6–8; 23, с. 2–3; 24, с. 16–17].

Встановлена частка впливу річних умов вегетації у значенні 15–17% вказує як і у випадку аналізу діаметру стебла на генетичну детермінацію показника у широкій нормі реакції на оптимізацію живлення та корекцію морфологічного розвитку за використання хімічно активних інгредієнтів ріст регуляторів. Такий характер позиціонується як системна дія саме препарату Карамба Турбо та похідних таких діючих речовин як Метконазол та Мепікват-хлорид [3, с. 70–75; 14, с. 7; 25, с. 22–23; 26, с. 5–7].

З цієї ж позиції детермінації визначена і дія позакоренових підживлень (фактор D) за факторного впливу на рівні 9–10% та прирістного значення у варіанті дво-хразового застосування мікродобрив у фенологічні фази стеблуння та бутонізації, що з огляду на компоненти застосованих мікродобрив Розалік (В) та Розасоль 18-18-18+ME забезпечили синергичний тип дії з оптимізацією живлення бором, молібденом та сіркою на першому етапі внесення у фазу стеблуння та іншими мікроелементами у фазу бутонізації. Такий варіант був максимальним за приростами у співставленні до варіанту без застосування мікродобрив (D_1) у значенні 7,0% у гібриду Домінатор та 6,0% у гібриду Абсолют.

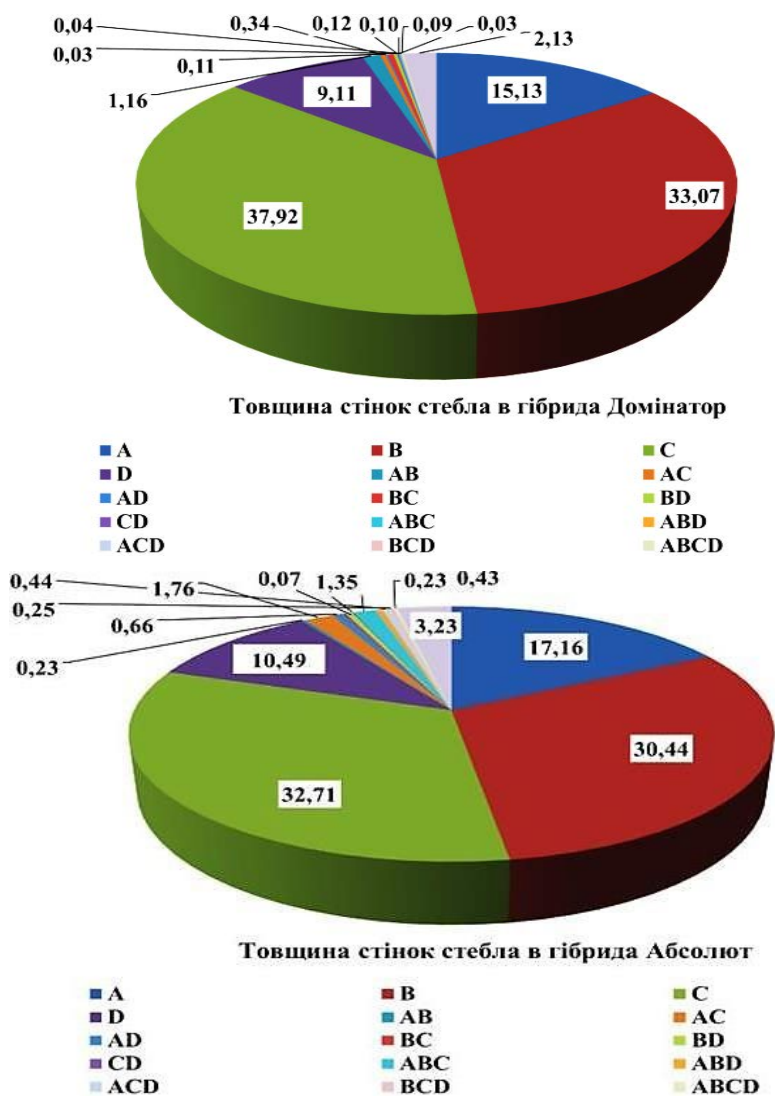


Рис. 2. Формування ознаки товщина стінок стебла в гібридів ріпаку озимого на фенофазу повного формування стручків (ВВСН 77–79) на висоті 30 см від поверхні ґрунту у системі взаємодії факторів досліді (середнє за 2022–2025 рр.: А – фактор гідротермічних умов року, В₁, В₂ – базовий та поліпшений блок основного удобрення; С₁, С₂ – варіанти застосування рістрегулюючих речовин; D₁–D₄ – варіанти застосування позакореневих підживлень (повна деталізація див. табл. 1))

Зроблені висновки підтверджено результатами вивчення анатомічної структури поперечного перерізу стебла, підтверджуючі результати якого представлено на рис. 3. для гібриду Абсолют для двох технологічно контрастних варіантів за взаємодією факторів досліді.

Слід зауважити, що відповідно до візуалізації даних такого співставлення внутрішні анатомічні зміни стебла за діє чинників дослідіу прослідковуються по всій довжині стебла рослин ріпаку озимого. Максимальний вплив фіксується на формування склеренхімного поясу стебла та механічних елементів провідної системи стебла. Такі зміни формують різні рівні механічної міцності стебла що впливає на його механічну стійкість на злам та деформацію і, у підсумку, сприяє реалізації генотипу з позиції стійкості до стеблового вилягання.



Рис. 3. Загальна анатомічна будова стебла ріпаку озимого Абсолют у поперечному перерізі на фенофазу повного формування стручків (ВВСН 77–79) на висоті 30 см від поверхні ґрунту (верхня позиція – варіант базового блоку основного удобрення без рістрегуляції та системи позакореневих підживлень (комбінація факторів дослідіу за схемою $B_1C_1D_1$); нижня позиція – варіант поліпшеного блоку основного удобрення, з рістрегуляцією та системою двох позакореневих підживлень (комбінація факторів дослідіу за схемою $B_2C_2D_4$)), 2024 рік

Прогнозовано такий вплив на підставі ряду оцінок [27, с. 467–469; 28, с. 4; 29, с. 72–74; 30, с. 205–207] сприятиме і загальному зміцненню анатомічних структур рослини як загально вегетативної, так і репродуктивної її частини, що у підсумку сприятиме підвищенню стійкості рослин на стадії формування та дозрівання насіння. Загалом направленість таких процесів буде сприяти підвищенню технологічності агроценозу гібридів ріпаку озимого та забезпечить нижчі втрати урожаю у процесі обмолоту рослин, а отже – сформує передумови для підвищення кості насіння у тому числі з позиції його потенційного біоенергетичного (біопаливного) використання.

Висновки і перспективи подальших досліджень. У результативному підсумку застосування у досліді комбінації рістрегуляторів ВВСН 14–16 + ВВСН 35–39: Карамба Турбо (0,65 л/га) + Букат (0,35 л/га) формує позитивні зміни в морфологічному розвитку стінок стебла гібридів ріпаку озимого, які виражаються як у загальному потовщенні стінок в інтервалі 25–29% залежно від гібриду, так і в зміні анатомічної структури стінок за рахунок інтенсивного розростання механічних та провідних тканин, формування істотно міцнішої архітекτονіки поперечного перерізу стебла.

Перспективами подальших досліджень слід вважати детальне анатомічне дослідження застосованих рістрегуляторів на мікроструктуру стінок стебла та оцінка отриманих міцнісних механічних їх параметрів з огляду на підвищення стійкості до стеблових вилягань та механічне руйнування в ході збирання врожаю.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Gugala M., Sikorska A., Zarzecka K., Findura P., Malaga-Toboła U. Chemical composition of winter rape seeds depending on the biostimulators used. *Agronomy*. 2019. Vol. 9. 716.
2. Волощук О. П., Сендецький В. М., Мельничук Т. В., Сендецький І. В. Продуктивність ріпаку озимого за застосування регулятора росту вермийодис та різних норм висіву. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2022. Вип. 71(2). С. 67–84.
3. Рогач В.В., Кур'ята В.Г., Поливаный С.В. Дія ретардантів на морфогенез, продуктивність і склад вищих жирних кислот олії ріпаку. Вінниця : ТОВ «Нілан-ЛТД», 2016. 152 с.
4. Губенко Л. Регулятори росту ріпаку. *Пропозиція*. 2020. № 9. С. 82–84.
5. Поляков О.І., Нікітенко О.В. Ретарданти як засіб підвищення продуктивності озимого ріпаку. URL : <https://agronom.com.ua/retardanty-yak-zasib-pidvyshhennya-produktyvnosti-ozymogo-ripaku/> (дата звернення 12.03.2026)
6. Рогач В. В., Куряга В. Г. Накопичення і перерозподіл вуглеводів і азотовмісних сполук між органами рослин ріпаку в онтогенезі за дії паклобутразолу. *Наукові записки Тернопільського державного педагогічного університету*. Серія : Біологія. 2005. № 3/4 (24). С. 28–33.
7. Щербаков В. Я., Домарацький Є. О. Особливості фотосинтетичної діяльності рослин озимого ріпаку залежно від азотних підживлень та рістрегулюючих препаратів. *Аграрний вісник Причорномор'я*. 2018. Вип. 87. С. 148–154.
8. Kováčik P., Šimanský V., Wierzbowska J., Renčo M. Impact of foliar application of biostimulator Mg-Titanit on the formation of winter oilseed rape phytomass and titanium content. *Journal of Elementology*. 2016. Vol. 21. P. 1235–1251.
9. Kutcher H.R., Malhi S.S., Gill K.S. Topography and management of nitrogen and fungicide affects diseases and productivity of canola. *Agronomy Journal*. 2005. Vol. 97. P. 533–541.
10. Maczyńska A., Krzyżńska B., Banachowska J. Effect of fungicides applied at the flowering stage of winter oilseed rape on the yield quantity and quality of seeds. *Progress in Plant Protection*. 2015. Vol. 55. № 2. P. 231–236.
11. Gugala M., Sikorska A., Zarzecka K., Kapela K., Mystkowska M. The effect of sowing method and biostimulators on autumn development and overwintering of winter rape. *Acta Scientiarum Polonorum*. 2017. Vol. 16. P. 111–120.
12. Sikorska A., Gugala M., Zarzecka K., Domański Ł., Mystkowska I. Morphological features of winter rape cultivars depending on the applied growth stimulators. *Agriculture*. 2022. Vol. 12. 1747.
13. Шкода О. А., Шепель А. В. Зимостійкість ріпаку озимого при різних умовах вирощування. *Таврійський науковий вісник*. 2015. Вип. 92. С. 95–99.
14. Карамба® Турбо – для підвищення зимостійкості та врожайності ріпаку. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=zmWlReKPEdc> (дата звернення 15.03.2026).

15. Радзіцька Г. Як покращити зимостійкість озимого ріпаку. *Агроном*. 2018. № 4. С. 80–83.
16. Волощук І.С., Волощук О.П., Роп Р.Ю., Глива В.В., Случак О.М., Пристацька О.Н., Распутенко А.О. Агротехнологічні основи вирощування насіння ріпаку озимого в умовах Західного Лісостепу України : монографія. Львів : Сполом, 2017. 212 с.
17. Rumsey D.J. *Statistics For Dummies*. 2nd Edition. John Wiley & Sons Inc. 2016. 408 p.
18. Коковіхін С.В., Донець А.О., Гусєв М.Г., Федорчук М.І., Мринський І.М. Агротехнічні та організаційно-економічні аспекти виробництва ріпаку в умовах півдня України: монографія.. Херсон: Айлант, 2012. 176 с.
19. Malagoli P., Laine P., Rossato L., Ourry A. Dynamics of Nitrogen Uptake and Mobilization in Field-grown Winter Oilseed Rape (*Brassica napus*) from Stem Extension to Harvest: I. Global N Flows between Vegetative and Reproductive Tissues in Relation to Leaf Fall and their Residual N. *Annals of Botany*. Vol. 95. Issue 5. P. 853–861.
20. Heuermann D., Hahn H., von Wirén N. Seed Yield and Nitrogen Efficiency in Oilseed Rape After Ammonium Nitrate or Urea Fertilization. *Frontiers in Plant Science*. 2021. Vol. 11. 608785.
21. Qin S.Y., Sun X.C., Hu C.X., Tan Q.L., Zhao X., Xin J., Wen X. Effect of $\text{NO}_3^- - \text{NH}_4^+$ ratios on growth, root morphology and leaf metabolism of oilseed rape (*Brassica napus* L.) seedlings. *Acta Physiologiae Plantarum*. 2017. Vol. 39. 198.
22. Ali M.F., Mahmood I., Shamsi I.H. Integrated application of nitrogen and mepiquat chloride improves yield of *Brassica napus* L. by modulating shattering, lodging and nitrogen use efficiency under rainfed conditions. *Plant Growth Regulators*. 2025. Vol. 105. P. 1657–1677.
23. Szatkowski A., Sokólski M., Załuski D., Jankowski K.J. The Effects of Agronomic Management in Different Tillage Systems on the Fall Growth of Winter Oilseed Rape. *Agriculture*. 2023. Vol. 13. 440.
24. Волощук О. П., Волощук І. С., Косовська Р. Ю. Вплив передпосівної обробки насіння та позакореневого підживлення рослин рістрегуляторами на перезимівлю ріпаку озимого. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2012. Вип. 54 (І). С. 15–25.
25. Bakhmat M.I., Sendetskiy I.V. Features of wintering winter rape at different seeding rates and the use of growth regulators. *Agricultural Science*. 2020. Vol. 32. P. 20–25.
26. Mihaylov B. Response of winter canola (*Brassica napus* L.) to treatment with growth regulators and biostimulators – a review. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*. 2024. 67.
27. Sharma S.H.S., Fleming C., SelBy C., Rao J.R., Trevo R.M. Plant biostimulants: A review on the processing of macroalgae and use of extracts for crop management to reduce abiotic and biotic stresses. *Journal of Applied Phycology*. 2014. Vol. 26. P. 465–490.
28. Sikorska A., Gugala M., Zarzecka K., Domański Ł., Mystkowska I. Morphological features of winter rape cultivars depending on the applied growth stimulators. *Agriculture*. 2022. Vol. 12. 1747.
29. Gavelienė V, Pakalniškytė L, Novickienė L, Balčiauskas L. Effect of biostimulants on cold resistance and productivity formation in winter rapeseed and winter wheat. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*. 2018. Vol. 57. P. 71–83.
30. Child R.D., Evans D.E., Allen J., Arnold G.M. Growth responses in oilseed rape (*Brassica napus* L.) to combined applications of the triazole chemicals triapenthenol and tebuconazole and interaction with gibberellin. *Journal of Plant Growth Regulation*. 1993. Vol. 13. P. 203–212.

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 633.13:631.559

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.3.19>

ФОРМУВАННЯ ГОСПОДАРСЬКО-ЦІННИХ ОЗНАК ВІВСА ЗАЛЕЖНО ВІД ВПЛИВУ СОРТУ ТА НОРМ ВИСІВУ

Шакалій С.М. – к.с.-г.н., доцент,
доцент кафедри рослинництва,
Полтавський державний аграрний університет
orcid.org/0000-0002-4568-1386

Марініч Л.Г. – к.с.-г.н., доцент,
доцент кафедри рослинництва,
Полтавський державний аграрний університет
orcid.org/0000-0002-0073-9433

Ласло О.О. – к.с.-г.н., доцент,
доцент кафедри землеробства і агрохімії ім. В. І. Сазанова,
Полтавський державний аграрний університет
orcid.org/0000-0002-0101-4442

У статті висвітлено результати досліджень формування врожайності зерна вівса посівного залежно від сорту та норми висіву. Встановлено, що норма висіву достовірно впливала на формування врожайності досліджуваних сортів різних селекційних установ. Сучасні сорти мають поєднувати високу врожайність і якість продукції зі стійкістю до несприятливих чинників середовища, бути високоадаптивними та гомеостатичними. Показник кількості зерен у волоті значною мірою залежав від норми висіву. У сорту Аркан найвищі середні показники кількості зерен у волоті отримано за норм висіву 6,2 та 5,2 млн шт./га – 37 і 35 зерен відповідно. За роками досліджень найменшу врожайність зафіксовано у 2023 році. Максимальну врожайність сорт Аркан сформував за норми висіву 5,2 млн схожих насінин/га – 3,20 т/га. За інших норм висіву врожайність була незначно нижчою (на 0,02 т/га), а мінімальний показник (3,01 т/га) отримано за норми 3,2 млн шт./га. Сорт Амар найвищу врожайність сформував за норми висіву 4,2 млн схожих насінин/га – 3,21 т/га; за інших варіантів вона була дещо нижчою. Досліджувані елементи агротехнології суттєво впливали і на якісні показники зерна. Найбільша маса 1000 зерен у сортів Аркан і Амар відмічена за норми висіву 3,2 млн шт./га – 28,1 г та 27,2 г відповідно; за підвищення норми висіву цей показник не зростав. У сорту Ефектив найбільша маса 1000 зерен (27,0 г) сформувалася за норми 4,2 млн шт./га. Показник натури зерна коливався в межах 490 – 615 г/л залежно від сорту та варіанта досліду. За результатами досліджень оптимальною нормою висіву для формування найвищої врожайності виявилася 5,2 млн схожих насінин/га. Основними чинниками, що визначають урожайність сорту, є: генетичний потенціал (сучасні сорти за інтенсивної технології здатні формувати 5 – 7 т/га); кліматичні умови року (вологозабезпечення та температура у критичні фази розвитку); система захисту рослин, що забезпечує збереження до 30% потенційного врожаю.

Ключові слова: овес, сорт, норма висіву, врожайність, натура зерна, маса 1000 зерен.

Shakaliy S. M., Marinich L. G., Laslo O. O. formation of economic-valuable traits of oats depends on the influence of the variety and sowing rate

The article highlights the results of studies on the formation of oat grain yield depending on the variety and seeding rate. It was established that the seeding rate significantly influenced the formation of the yield of the studied varieties of different breeding institutions. Modern varieties should combine high yield and product quality with resistance to adverse environmental factors, be highly adaptive and homeostatic. The indicator of the number of grains in the panicle largely depended on the seeding



© Шакалій С.М., Марініч Л.Г., Ласло О.О., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

rate. In the Arkan variety, the highest average indicators of the number of grains in the panicle were obtained at seeding rates of 6.2 and 5.2 million pcs ha^{-1} - 37 and 35 grains, respectively. Over the years of research, the lowest yield was recorded in 2023. The Arkan variety formed the maximum yield at seeding rates of 5.2 million similar seeds/ha - 3.20 t ha^{-1} . At other seeding rates, the yield was slightly lower (by 0.02 t ha^{-1}), and the minimum indicator (3.01 t ha^{-1}) was obtained at a rate of 3.2 million pcs ha^{-1} . The Amar variety formed the highest yield at a seeding rate of 4.2 million similar seeds ha^{-1} - 3.21 t ha^{-1} ; at other options it was slightly lower. The studied elements of agrotechnology also significantly influenced the qualitative indicators of grain. The highest mass of 1000 grains in the Arkan and Amar varieties was noted at a seeding rate of 3.2 million pcs ha^{-1} - 28.1 g and 27.2 g, respectively; with an increase in the seeding rate, this indicator did not increase. In the Efektiv variety, the highest mass of 1000 grains (27.0 g) was formed at a rate of 4.2 million pcs./ha. The grain nature indicator ranged from 490 to 615 g t⁻¹ depending on the variety and the experiment variant. According to the results of the research, the optimal seeding rate for the formation of the highest yield was 5.2 million similar seeds ha^{-1} . The main factors determining the yield of the variety are: genetic potential (modern varieties using intensive technology are capable of forming 5-7 t ha^{-1}); climatic conditions of the year (moisture supply and temperature in critical phases of development); plant protection system, which ensures the preservation of up to 30 % of the potential yield.

Key words: oats, variety, seeding rate, yield, grain type, weight of 1000 grains.

Постановка проблеми. В сучасних умовах аграрного виробництва овес зберігає високе значення як продовольча, кормова та технічна культура, що зумовлює актуальність його вирощування в Україні [1]. Сорт є одним із ключових чинників, що визначають рівень урожайності та якість зерна півчастого вівса. Саме генетичні особливості сорту зумовлюють формування таких важливих господарсько-цінних ознак, як кількість продуктивних стебел на рослину, висота рослин, озерненість волоті, маса 1000 зерен і вміст білка в зерні [2–4]. Сукупність цих показників безпосередньо впливає на реалізацію продуктивного потенціалу культури в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах. Підвищення потенціалу врожайності завжди було й залишається одним із пріоритетних напрямів селекційної роботи. Водночас сучасні сорти мають поєднувати високу продуктивність із належною якістю зерна та стійкістю до несприятливих абіотичних і біотичних чинників середовища. Особливої актуальності набуває здатність сорту зберігати стабільність формування врожаю за мінливих погодних умов.

Висока адаптивність сорту, що обумовлена гомеостатичністю його генотипу, забезпечує вирівняність морфобіологічних показників і стабільну реалізацію генетичного потенціалу в різних екологічних умовах [5]. Саме тому створення та впровадження адаптивних, пластичних і конкурентоспроможних сортів є важливою умовою підвищення ефективності виробництва зерна вівса.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Наукові дослідження в Україні та за кордоном показують, що врожайність півчастого вівса може змінюватися в межах 2,9–4,6 т/га залежно від сорту та умов вирощування [3]. Окрім рівня врожайності, сорт суттєво впливає на показники якості зерна, що має важливе значення для продовольчого й кормового використання півчастого вівса. Сорти з крупним зерном, високою масою 1000 зерен і підвищеним умістом білка є більш цінними для харчової промисловості та тваринництва, оскільки забезпечують кращі технологічні та поживні властивості продукції.

Вибір сорту повинен здійснюватися з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов господарства, його адаптивності до конкретної зони вирощування, стійкості до основних хвороб і шкідників, а також напряму використання культури – на продовольчі чи кормові цілі. Комплексна оцінка цих чинників дає змогу ефективно реалізувати генетичний потенціал сорту та мінімізувати ризики зниження врожайності внаслідок несприятливих умов.

Сорт є одним із головних чинників, що визначають продуктивність півчасного вівса, оскільки саме на генетичному рівні закладається потенціал рослини щодо формування морфологічних ознак, рівня врожайності та якості зерна. Водночас строк сівби належить до важливих агротехнічних прийомів, які істотно впливають на ріст, розвиток і формування врожаю. У науковій літературі відсутня єдина позиція щодо оптимальних строків сівби, що зумовлено різноманітністю ґрунтово-кліматичних умов і біологічними особливостями сортів [2].

Отже, правильний добір сорту півчасного вівса у поєднанні з оптимальними агротехнічними заходами забезпечує максимальну реалізацію генетичного потенціалу культури, підвищення врожайності, покращення якісних показників зерна та зростання економічної ефективності виробництва [10].

Постановка завдання. Дослідження проводили упродовж 2023–2025 рр. в ФГ «Назарівське», що знаходиться в Лубенському районі Полтавської області. Технологія вирощування вівса в досліді передбачала використання загальноприйнятих для ґрунтово-кліматичної зони агротехнічних заходів та прийомів.

Ґрунт дослідної земельної ділянки – чорнозем типовий малогумусний, за механічним складом – важкий суглинок. Вміст гумусу в орному шарі (0–20 см) становить 4,85%, у шарі 20–40 см – 3,91%, що свідчить про достатній рівень природної родючості. За результатами агрохімічного обстеження ґрунти дослідного поля добре забезпечені основними елементами живлення рослин: вміст азоту, що гідролізується (за Корнфільдом), становить 11–13 мг/100 г ґрунту, рухомого фосфору (за Чириковим) – 10–15 мг/100 г, обмінного калію (за Чириковим) – 16–20 мг/100 г ґрунту.

Клімат зони – помірно-континентальний із нестійким зволоженням, холодною зимою та жарким, часто посушливим літом. Середньобогаторічна температура повітря становить 7,7 °С, річна сума опадів – 508 мм. Упродовж вегетаційного періоду середня температура повітря дорівнює 19,1 °С, кількість атмосферних опадів – 214,5 мм. Погодні умови в роки проведення досліджень дещо відрізнялися від середніх багаторічних показників основних метеорологічних параметрів [11].

Дослід закладено систематичним способом в один ярус із триразовою повторністю. Загальна площа облікової ділянки становила 25 м² (6,25 × 4 м), облікова площа – 20 м² (5 × 4 м). Дослід розгорнуто в часі та просторі. Фактор А (сорт): Аркан – селекції Інститут землеробства і тваринництва західного регіону Української академії аграрних наук (Україна); Амар – селекції Інститут сільського господарства Карпатського регіону Національної академії аграрних наук України (Україна); Ефектив – ранньостиглий австрійський сорт півчасного ярого вівса. Фактор В (норми висіву): 3,2; 4,2; 5,2; 6,2 млн схожих насінин/га. Польові дослідження проводили в умовах господарства, а лабораторні аналізи – у лабораторії якості зерна ПДАУ.

Виклад основного матеріалу дослідження. Формування продуктивного потенціалу вівса – це сукупність біологічних і агротехнологічних процесів, які забезпечують реалізацію генетично зумовленої здатності культури формувати господарсько цінний урожай залежно від сорту, умов вирощування та елементів технології. Продуктивний потенціал визначається насамперед генетичними особливостями сорту, однак рівень його реалізації значною мірою залежить від агротехнічних заходів і впливу зовнішніх чинників середовища. Оптимальне поєднання сортового складу з раціональними елементами технології вирощування забезпечує максимальне використання генетичних можливостей культури [12–14].

Одним із важливих структурних елементів урожайності є кількість зерен у волоті, на яку істотно впливає норма висіву. У сорту Аркан за середніми

показниками найвищу кількість зерен у волоті отримано за норм висіву 6,2 та 5,2 млн шт./га – 37 і 35 зерен відповідно. Відповідно, за більшої кількості зерен зростала й маса зерна з волоті.

У сорту Амар найбільшу кількість зерен у волоті (37 шт.) зафіксовано за норми висіву 5,2 млн шт./га. Натомість у сорту Ефектив найвищий середній показник кількості зерен у волоті (35 шт.) відмічено за норми висіву 4,2 млн шт./га (табл. 1). Отже, оптимальна норма висіву сприяє формуванню більшої озерненості волоті, що є важливою передумовою підвищення врожайності зерна вівса.

Таблиця 1

Структурні показники врожаю зерна вівса за роки досліджень, 2023 – 2025 рр.

Сорт	Норма висіву, млн. шт./га	Кількість зерна у волоті, штук	Маса зерна з волоті, г
Аркан	3,2	26	0,78
	4,2	28	0,94
	5,2	35	1,02
	6,2	37	1,01
Амар	3,2	29	0,80
	4,2	30	0,92
	5,2	37	1,00
	6,2	34	1,01
Ефектив	3,2	28	0,97
	4,2	35	1,08
	5,2	33	1,11
	6,2	34	1,09

Маса зерна з волоті більшою мірою варіювала залежно від сорту, ніж від норми висіву. Найвищий показник зафіксовано у сорту Ефектив за норми висіву 5,2 млн схожих насінин/га – 1,11 г, що свідчить про значний вплив генетичних особливостей сорту на формування цього елемента структури врожаю.

Урожайність сорту вівса є ключовим господарським показником, який характеризує здатність генотипу формувати врожай зерна за конкретних ґрунтово-кліматичних умов і відповідної технології вирощування. Добір сорту з потенціалом продуктивності у поєднанні з оптимізованими елементами агротехніки забезпечить приріст урожайності на 1 – 2 т/га [5].

За роками досліджень найнижчу врожайність отримано у 2023 році. Сорт Аркан сформував найбільшу врожайність – 3,20 т/га – за норми висіву 5,2 млн схожих насінин/га. За інших норм висіву показники були лише незначно нижчими (на 0,02 т/га), а мінімальну врожайність (3,01 т/га) відмічено за норми 3,2 млн схожих насінин/га. У сорту Амар найвищу врожайність (3,21 т/га) одержано за норми висіву 4,2 млн схожих насінин/га; в інших варіантах вона була дещо меншою.

У сорту Ефектив у 2023 році врожайність коливалася в межах 3,10 – 3,23 т/га, причому максимальне значення отримано за норми 5,2 млн схожих насінин/га (табл. 2).

У 2024 році показники врожайності зросли. У сорту Аркан вони становили від 3,31 т/га (норма 3,2 млн шт./га) до 3,59 т/га (норма 5,2 млн шт./га). У сорту Амар урожайність коливалася в межах 3,31 – 3,50 т/га, а у сорту Ефектив – 3,31–3,49 т/га.

Таблиця 2

Урожайність сортів вівса, т/га

Сорт (фактор А)	Норма висіву, млн. шт./га (фактор В)	Роки досліджень			
		2023 р.	2024 р.	2025 р.	середнє
Аркан	3,2	3,01	3,31	3,41	3,24
	4,2	3,18	3,40	3,51	3,36
	5,2	3,20	3,59	3,64	3,47
	6,2	3,19	3,51	3,49	3,39
Амар	3,2	3,08	3,31	3,35	3,25
	4,2	3,21	3,50	3,61	3,44
	5,2	3,20	3,48	3,60	3,43
	6,2	3,20	3,34	3,59	3,37
Ефектив	3,2	3,10	3,31	3,39	3,26
	4,2	3,14	3,33	3,48	3,31
	5,2	3,23	3,49	3,64	3,45
	6,2	3,18	3,48	3,51	3,39
Нір ₀₀₅ фактора А		0,12	0,15	0,14	
Нір ₀₀₅ фактора В		0,13	0,14	0,13	
Нір ₀₀₅ фактора АВ		0,25	0,29	0,27	

Найвищі показники врожайності сортів вівса зафіксовано у 2025 році. Зокрема, у сорту Аркан урожайність варіювала від 3,41 т/га за норми висіву 3,2 млн схожих насінин/га до 3,64 т/га за норми 5,2 млн схожих насінин/га.

Отримані результати підтверджують, що оптимальною нормою висіву для більшості досліджуваних сортів була 5,2 млн схожих насінин/га, що забезпечувало найповнішу реалізацію їх продуктивного потенціалу.

У 2025 році сорт Амар сформував урожайність у межах 3,35 – 3,60 т/га залежно від норми висіву.

Сорт Ефектив забезпечив найвищу врожайність за норми висіву 5,2 млн схожих насінин/га – 3,64 т/га. За інших норм висіву цей показник був дещо нижчим, що підтверджує доцільність застосування саме цієї норми для повнішої реалізації продуктивного потенціалу сорту.

За середніми даними за роки досліджень найвищу врожайність отримано по сортах Аркан і Ефектив – 3,47 та 3,45 т/га відповідно. В інших варіантах досліду показники врожайності були дещо нижчими.

Отже, аналіз багаторічних даних свідчить про значний вплив сортових особливостей і норм висіву на формування врожайності зерна півчастого вівса, а оптимізація цих чинників є важливою умовою підвищення продуктивності культури.

Як видно з рисунка 1, на формування врожайності сортів вівса найбільший вплив мали погодні умови років досліджень – 49 %. Частка впливу взаємодії факторів (сорт × норма висіву × умови року) становила 35 %, тоді як безпосередній внесок сортового чинника складав 16 %. Це свідчить про значну роль гідротермічних умов у реалізації продуктивного потенціалу культури.

Основними чинниками, що визначають урожайність сорту, є: генетичний потенціал – сучасні сорти за інтенсивної технології здатні формувати 5–7 т/га зерна; кліматичні умови року – рівень вологозабезпечення та температурний режим у критичні фази розвитку (кущіння, вихід у трубку, налив зерна); захист рослин – своєчасний контроль хвороб і шкідників дозволяє зберегти до 30 % потенційного

врожаю [7]. Вплив умов вирощування на технологічні показники зерна простежувався під час оцінювання сортів у контрастні за погодними умовами роки досліджень (2023–2025 рр.).

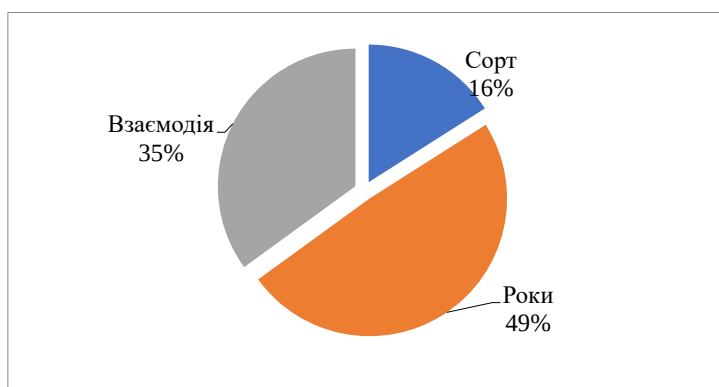


Рис. 1. Вплив факторів на урожайність зерна сортів вівса, 2023 – 2025 рр.

Незважаючи на жорсткі погодні умови 2025 року, незначна кількість опадів у період наливу зерна сприяла формуванню високих показників натурності та маси 1000 зерен. Натомість у 2024 році, за умов достатнього зволоження та оптимального температурного режиму, відзначено порівняно високі показники натурності зерна, однак спостерігалось певне зниження маси 1000 зерен.

Таким чином, погодні умови року істотно впливають не лише на рівень урожайності, а й на формування технологічних показників якості зерна вівса, що необхідно враховувати при доборі сортів і вдосконаленні елементів технології вирощування.

Таблиця 3

**Вплив норм висіву на показники якості зерна вівса
за роки досліджень, 2023 – 2025 рр.**

Сорт	Норма висіву, млн. шт./га	Натура зерна, г/л	Маса 1000 зерен, г
Аркан	3,2	500	28,1
	4,2	535	27,0
	5,2	575	26,0
	6,2	609	25,4
Амар	3,2	504	27,2
	4,2	600	26,4
	5,2	585	25,8
	6,2	610	27,1
Ефектив	3,2	490	26,8
	4,2	525	27,0
	5,2	540	26,8
	6,2	615	26,7

Низькими показниками натурності зерна характеризувався холодний і надмірно вологий 2023 рік, хоча маса 1000 зерен у цей період була вищою, ніж у 2024 році

(табл. 3). Це свідчить про неоднозначний вплив гідротермічних умов на формування технологічних показників якості зерна.

За середніми показниками найвищу натуру зерна сформував сорт Ефектив – 615 г/л за норми висіву 6,2 млн шт./га, при масі 1000 зерен 26,7 г. У сорту Амар натура зерна становила 600 г/л за норми висіву 4,2 млн шт./га, при масі 1000 зерен 26,4 г.

За мінімальної норми висіву (3,2 млн шт./га) показники натури були нижчими: сорт Аркан – 500 г/л; сорт Амар – 504 г/л; сорт Ефектив – 490 г/л. За норми висіву 4,2 млн шт./га натура зерна коливалася в межах 535–600 г/л (у сортів Аркан та Амар). За масою 1000 зерен вирізнявся сорт Аркан за норми висіву 3,2 млн шт./га – 28,1 г, що є найвищим показником серед досліджуваних варіантів.

Встановлено певний взаємозв'язок між показниками: зазвичай зі зростанням маси 1000 зерен підвищується і натура зерна, що зумовлено: кращою виповненістю зернівок; меншим відсотком шуплого зерна; вищою щільністю сипкої маси.

Висновки і пропозиції. За результатами досліджень впливу сорту та норм висіву на формування структури врожаю півчастого вівса встановлено доцільність вирощування досліджуваних сортів, оскільки вони характеризуються високим генетичним потенціалом продуктивності. Найвищі показники врожайності отримано за використання норми висіву 5,2 млн схожих насінин/га. За технологічними показниками найбільшу натуру зерна сформував сорт Ефектив за норми висіву 6,2 млн шт./га; в інших варіантах вона була дещо нижчою. Найбільша маса 1000 зерен відмічена у сорту Амар, що свідчить про добру виповненість зерна та високий потенціал формування якісної продукції. Отже, оптимізація норми висіву з урахуванням біологічних особливостей сорту є важливою умовою підвищення врожайності та покращення технологічних показників зерна півчастого вівса.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Шакалій С. М., Баган А. В., Юрченко С. О., Четверик О. О. Вплив попередників на урожайність та якість зерна нових сортів пшениці озимої твердої. Вісник ПДАА. Полтава, 2021. №1. С. 65-71 <https://dspace.pdau.edu.ua/handle/123456789/10458>
2. Юрченко С. О., Шакалій С. М., Баган А. В. Вплив строків сівби на урожайність сортів арахісу (*arachis hypogaea* l.). Вісник ПДАА. 2022. № 2. С. 85-91 <https://dspace.pdau.edu.ua/handle/123456789/12326>
3. Юла В.М. Якість зерна вівса посівного і голозерного за різного рівня мінерального живлення. Збірник наукових праць Національного наукового центру «Інститут землеробства НААН». 2017. Вип. 3. С. 54–63.
4. Качанова Т.В. Удосконалена технологія вирощування вівса та її вплив на основні показники продуктивності культури. Наукові праці Миколаївського НАУ. 2015. Вип. 244. С. 70–74.
5. Юла В.М. Вплив агротехнічних факторів на урожайність і якість зерна вівса у Правобережному Лісостепу. Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2016. № 1. С. 13–19.
6. Іванців Р.Є. Строки збирання, урожайність та адаптивна здатність сортів вівса. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених «Актуальні проблеми агропромислового виробництва України». Львів-Оброшино, 2015. С. 20–21.
7. Качанова Т.В. Плівчастість і натура у сортів вівса на півдні України. Інноваційні розробки молоді – агропромислового виробництва: матеріали Міжнар. науково-практичної конференції молодих вчених. Херсон, 2017. С. 63.
8. Камінська А.І. Аналіз динаміки розвитку ринку вівса в Україні. Ефективна економіка. № 5. 2016. С. 26-32.

9. Пухнач В. Овес. 2022. URL: <https://ogorodniki.com/uk/catalog/oves>
10. Степанушко Л. Де сіяти овес, щоб розкрити потенціал продуктивності культури. 2020. URL: <https://agrotimes.ua/agronomiya/de-krashhe-siyaty-ovesshhob-rozkryty-potenczial-produktyvostikultury/>
11. Marukhnyak, A., Pushchak, V., & Lisova, Y. Adaptive features of oats breeding genotypes for stem length. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2020. № 67 (1). С. 98-114.
12. Нечепоренко Л. П., Орлов С. Д. Селекційна цінність ліній і сортозразків вівса посівного (*Avena Sativa* L.). Зернові культури. 2019. Том 3. № 1. С. 18-25 <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0055>.
13. Баган А. В., Шакалій С. М., Шафорост Л. Ю., Омелич М. В. Ефективність застосування біопрепарату Альбіт для підвищення продуктивності сортів ячменю ярого. Аграрні інновації. 2023. № 21. С. 7–11. <https://dspace.pdau.edu.ua/handle/123456789/16370>
14. Marshall A., Cowan S., Edwards S., Griffiths I., Howarth C., Langdon T., White E. Oats-a cereal crop for human and livestock feed with industrial applications. Food Security. 2013. Vol. 5. P. 13–33.

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 634.8(477)

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.3.20>

СТАН ВИНОГРАДАРСТВА УКРАЇНИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЙОГО РОЗВИТКУ

Шевченко І.В. – д.с.-г.н., професор,

Херсонський державний аграрно-економічний університет

orcid.org/0000-0002-8518-4413

Минкіна Г.О. – к.с.-г.н.,

доцент кафедри ботаніки та захисту рослин,

Херсонський державний аграрно-економічний університет

orcid.org/0000-0003-2240-9301

Метою досліджень було проведення аналізу стану виноградарства в Україні та визначення комплексу першочергових технологічних прийомів для розробки енергозберігаючих та екологічно безпечних технологій, вирощування врожаю ягід винограду.

Попри сприятливі природні умови та постійне вдосконалення методів вирощування, галузь промислового виноградарства нині перебуває у глибокій кризі, а її перспективи залишаються невизначеними. Це підтверджують статистичні дані: співвідношення плодоносних і молодих насаджень становить 97% проти лише 3%.

Для підвищення економічної ефективності виноградарства зміни тільки технології закладання багаторічних насаджень недостатньо, а тому необхідно переглянути і прийоми догляду за рослинами. В першу чергу це стосується технології утримання та обробітку ґрунту на виноградниках. Тривала монокультура і постійне утримання ґрунту в стані чорного пару зумовлює втрату 20-25% органічної речовини із 240-300 т/га її валових запасів без їх суттєвого поповнення. В свою чергу, постійно зростаючий дефіцит органіки змінює водно-фізичні властивості ґрунту, зменшує швидкість фільтрації вологи до нижніх його горизонтів, а тому максимальні її запаси формуються у верхніх 0-50 см шарах і за високої температури, незахищеної поверхні, швидко втрачаються на фізичне випаровування пригнічуючи ріст та розвиток кущів винограду. Штучне зрошення насаджень, для усунення дефіциту вологоспоживання рослин, під час їх вегетації досягається додатковими витратами 8-10,0 ГДж/га техногенної енергії, які врожаєм ягід не окуповується взагалі.

Отже, питання удосконалення технології культивування промислових насаджень винограду надто складні і багатогранні. Проте розглянуті і запропоновані деякі нетрадиційні технологічні прийоми свідчать про перспективність таких пошуків для розробки та наступного впровадження нових енергозберігаючих та екологічно безпечних технологій створення багаторічних насаджень, вирощування врожаю ягід винограду, від вирішення яких залежить майбутнє українського виноградарства, ефективність галузі.

Ключові слова: промислове виноградарство, економічна оцінка, енергетичний аналіз, технології культивування, перспективи розвитку.

Shevchenko I.V., Mynkina G.O. The state of viticulture in Ukraine and prospects for its development

The aim of the research was to analyse the state of viticulture in Ukraine and identify a set of priority technological methods for developing energy-saving and environmentally friendly technologies for growing grape crops.

Despite favourable natural conditions and continuous improvement of cultivation methods, the industrial viticulture sector is currently in a deep crisis, and its prospects remain uncertain. This is confirmed by statistical data: the ratio of fruit-bearing and young plantings is 97% to only 3%.



© Шевченко І.В., Минкіна Г.О., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

To increase the economic efficiency of viticulture, it is not enough to change only the technology of planting perennial crops; it is also necessary to review plant care practices. This primarily concerns the technology of soil maintenance and cultivation in vineyards. Prolonged monoculture and constant maintenance of the soil in a state of black fallow causes a loss of 20-25% of organic matter from 240-300 t/ha of its gross reserves without significant replenishment. In turn, the ever-growing deficit of organic matter changes the water-physical properties of the soil, reduces the rate of moisture filtration to its lower horizons, and therefore its maximum reserves are formed in the upper 0-50 cm layers and, at high temperatures, on the unprotected surface, are quickly lost through physical evaporation, inhibiting the growth and development of grape bushes. Artificial irrigation of plantings to eliminate the moisture consumption deficit of plants during their vegetation is achieved by additional costs of 8-10.0 GJ/ha of technogenic energy, which is not recouped by the berry harvest at all.

Therefore, the issues of improving the technology of cultivating industrial grape plantations are extremely complex and multifaceted. However, some of the non-traditional technological methods considered and proposed indicate the promising nature of such research for the development and subsequent implementation of new energy-saving and environmentally friendly technologies for the creation of perennial plantations and the cultivation of grape berries, on which the future of Ukrainian viticulture and the efficiency of the industry depend.

Key words: *industrial viticulture, economic assessment, energy analysis, cultivation technologies, development prospects.*

Постановка проблеми. Промислове виноградарство в недалекому минулому було важливою галуззю агропромислового комплексу, яка забезпечувала зайнятість населення, стало та надійне поповнення бюджету країни. Більшість площ багаторічних насаджень, вирощувалася в межах південного регіону для ефективного культивування яких було розроблено та впроваджено у виробництво оригінальний та найбільш доцільний сортимент, інноваційні формування кущів, ефективні заходи догляду за рослинами. Проте, не дивлячись на досить сприятливі ґрунтово-кліматичні умови, перманентне удосконалення технологічних заходів культивування насаджень, промислове виноградарство сьогодні знаходиться в доволі глибокому кризовому стані, а його майбутнє малопрогнозоване. Потенційна загроза втрати галузі зумовлена тим, що наявні площі плодоносних насаджень закладені переважно у 2004-2010 роках, мають досить високу зрідженість, значно меншу, порівняно з нормативною, місткість формування рослин, чисельні пошкодження багаторічної деревини різноманітного походження, незадовільний фітосанітарний стан, сукупна дія яких суттєво зменшує біологічний потенціал виноградників, їх перспективи.

Нові насадження винограду, останнім часом, майже не закладаються про що свідчать статистичні дані про співвідношення між площею плодоносних та молодих насаджень, яке становить 97% до 2,7% проти 5%, згідно з нормативними строками культивування виноградників. Можливості подовження задовільної продуктивності наявних плодоносних насаджень, зменшує і тенденція зміни клімату, дефіцит вологозабезпечення рослин в період вегетації, який останнім часом тільки загострюється. Комплексна взаємодія зазначених, та інших факторів може спричинити дуже швидке, обвальне скорочення площі насаджень, відновити які за короткий час дуже складно, бо для цього необхідні великі довгострокові фінансові витрати, дефіцит кваліфікованих робітників, технічних засобів виробництва.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Південні області України виступають ключовим центром вирощування винограду високої якості, який використовується як для споживання у свіжому вигляді, так і для виробництва різноманітної виноградної продукції. Саме тут зосереджено понад 80% площ промислових виноградників, для яких було створено оптимальний сортовий склад, розроблено

сучасні системи формування кущів та впроваджено спеціалізовані технологічні заходи догляду.

Попри сприятливі природні умови та постійне вдосконалення методів вирощування, галузь промислового виноградарства нині перебуває у глибокій кризі, а її перспективи залишаються невизначеними. Це підтверджують статистичні дані: співвідношення плодоносних і молодих насаджень становить 97% проти лише 3%. Ситуацію ускладнює те, що більшість виноградників експлуатується вже 15–17 років, характеризується значною зрідженістю, низькою ємністю формування рослин, пошкодженнями багаторічної деревини та незадовільним фітосанітарним станом. Сукупність цих чинників суттєво знижує біологічний потенціал насаджень [1].

Додатковим викликом є кліматичні зміни: нестабільні зимові температури підвищують ризик морозних ушкоджень, а часті посухи та нерівномірний розподіл опадів під час вегетації негативно впливають на продуктивність виноградників. У результаті може відбутися різке скорочення площ насаджень, відновлення яких потребує значних фінансових та ресурсних витрат, кваліфікованої робочої сили й сучасних технічних засобів.

Крім природних факторів, кризу поглиблює й сама технологія вирощування винограду, що відзначається високою енергоємністю. Це безпосередньо впливає на ефективність виробництва, строки експлуатації насаджень та екологічний стан довкілля. Навіть нові технологічні рішення не знижують загальної енергоємності процесів, а навпаки потребують додаткових фінансових вкладень, які рідко компенсуються врожаєм.

Сучасні методи економічної оцінки також не дають об'єктивної картини стану галузі, адже враховують різні показники господарської діяльності, цінову політику, інфляцію, попит і пропозицію, але не відображають співвідношення між витратами живої праці та матеріалізованими ресурсами.

У світовій практиці дедалі частіше ефективність нових агротехнологій оцінюють за результатами енергетичного аналізу. Питаннями технології вирощування винограду займалися такі науковці, як О.М. Негруль, О.С. Мержаніан, М.І. Тарлатан, Г.С. Борун В.В., Зеленянська Н.М., Новицька-Боровська Н.А. та інші [2,3,4]. Проте й сьогодні, з огляду на зміну сортового складу, необхідність зменшення пестицидного навантаження та впровадження нових технологій, актуальним залишається дослідження процесів забур'янення виноградників і оцінка ефективності агроприйомів за допомогою енергетичного аналізу [5].

Для маршрутних обстежень використовували методики В.В. Ісаєва та С.М. Косолапа, а визначення видового складу бур'янів здійснювали за працями І.П. Васильченка, О.А. Пидотті, І.В. Веселовського, А.К. Лисенка, Ю.П. Манька, А.С. Мельничука, А.М. Ковалевської, Д.Н.

Н.О. Мункіна, В. В. Власовата, А.І. Шинкарюк інших [6,7,8].

Постановка завдання. Метою досліджень було проведення аналізу стану виноградарства в Україні та визначення комплексу першочергових технологічних прийомів для розробки енергозберігаючих та екологічно безпечних технологій, вирощування врожаю ягід винограду.

Виклад основного матеріалу дослідження. Сьогодні, закладання нових насаджень винограду, незалежно від площі, форми власності та напрямків використання продукції, передбачає значні фінансові витрати, а тому на етапі розробки проекту завжди визначаються джерела та умови його фінансування, в т.ч. користування банківським кредитом, обсяги страхових платежів, строків повернення

коштів, ризиків непрогнозованого впливу умов зовнішнього середовища на урожайність та валовий збір ягід винограду тощо. Наприклад, у 2025 році, Національним банком України було прийняте рішення про встановлення норми за користування кредитними коштами на рівні 15,5% річних.

Безпосередньо Національний банк кредитів не видає, а проводить координацію у сфері фінансово-кредитних відношень і згадана норма є рівнем мінімальних платежів за надання кредитів для комерційних банків, які і кредитують різні виробництва, в тому числі сільськогосподарського напрямку. Платежі за користування кредитом комерційних банків сьогодні коливаються в межах 17-27% річних і залежать від вартості та перспективності проєкту, строків та порядку повернення коштів, ризиків їх несвоєчасного повернення або втрати, тощо. Ці умови обов'язково враховуються заздалегідь, переважно на етапі розробки проєкту.

В умовах сьогодення прямі фінансові витрати на закладання насаджень винограду та догляд за ними, до вступу у плодоношення, коливаються в межах 450-550 тис. гривень/га. До цієї суми необхідно додати витрати на ремонт нових насаджень в межах 10% після першого року вегетації і 5% після другого. Виконання такого ремонту збільшує сукупні витрати в середньому на 12%, при цьому загальна сума витрат зростає до 506 тис. гривень/га і забезпечує фінансування всіх прийомів догляду за рослинами до вступу їх у повне плодоношення, з цього часу розпочинається і повернення банку кредитних коштів. З урахуванням платежів за банківські кредити, з мінімальною ставкою у 17%, загальна сума витрат на закладання насаджень та догляд за рослинами, протягом 4-х років, до часу повного плодоношення, складе 850080 грн/га.

Гіпотетично нові насадження винограду, за чинний нормативний строк їх культивування (20 років), та середньої врожайності у 7-8 т/га можуть забезпечити валовий збір ягід у 150 т загальною вартістю 2,25 млн грн (розраховано за вартістю сировини для перероблення 15 грн/кг, що склалася у 2024 році). З суми вартості валового врожаю ягід (2,25 млн грн) відшкодовується кредитна заборгованість (850080 грн), а також забезпечується щорічне фінансування технологічних прийомів догляду за рослинами (близько 45-53 тис. грн/га, або – 980000 грн/га за нормативний строк культивування насаджень). Таким чином, сукупний прибуток від культивування нових насаджень винограду за 20 -ти річний період, складе біля 420 тис. грн/га. З одержаних коштів необхідно забезпечити фінансування корчування насаджень після 20-ти річного строку культивування, в межах 250-300 тис. грн/га, виплатити податки, здійснити страхові та інші платежі і як результат визнати банкрутство.

На строки продуктивного культивування насаджень періодично впливають значні коливання температури повітря взимку, зумовлюючи пошкодження бруньок, однорічного приросту пагонів, а періодично і багаторічної деревини, внаслідок чого руйнується конструкція формування рослин, зменшуючи продуктивність насаджень, для відновлення якої, в повному обсязі, у більшості випадків, потрібно більше однієї вегетації. В окремих екстремальних випадках зимівлі рослин, (1972,1985,2017 рр.), пошкодження багаторічної деревини, а іноді й коренів рослин зумовлюють дострокове корчування насаджень. Не менші загрози для рослин виникають і в період їх вегетації у зв'язку з хронічним дефіцитом вологозабезпечення, пошкодження градом, внаслідок чого зменшується врожайність насаджень, якість ягід, зростають фінансові та ресурсні витрати (зокрема на зрошення насаджень).

Наприклад, потенціальне зменшення врожайності насаджень на 7-10 % тричі за 20 років, внаслідок пошкодження центральних бруньок, зменшує валовий збір

врожаю, за нормативний строк культивування, на ягодах на 12.7 т/га (8.5%), а його вартість на 190,5 тис. грн. Цілком можливий і комплексний вплив несприятливих умов середовища, стрімкого зростання зріженості кущів, зменшення смності формування рослин, особливо в кінці нормативного строку культивування і, як наслідок, зменшення врожайності насаджень до мінімальних обсягів. Взаємозв'язок різних факторів та їх негативний вплив на ріст, розвиток рослин, їх продуктивність досить імовірний, і може повторюватися кілька разів за нормативний строк культивування насаджень. Об'єктивні ризики, що виникають за обмежених термінів культивування насаджень викликають обґрунтовані сумніви у можливості відновлення культури й наступного її культивування на основі чинних технологій. Посилюють ці сумніви й високі платежі за користування банківським кредитом які, на жаль, мають тренд до постійного росту.

Оцінити ефективність альтернативної технології створення багаторічних насаджень винограду сьогодні, в економічних показниках, дуже складно у зв'язку з волатильністю гривні, постійною зміною вартості банківських кредитів, ресурсів, технічних засобів виробництва, тощо. Більш повною та об'єктивною являється енергетична оцінка технології на основі Міжнародної системи СІ одиниць виміру роботи, енергії, теплоти-джоулі (Дж, кДж, МДж, ГДж), які не змінюються з часом та географією.

Закладання промислових насаджень винограду та догляду за кущами до вступу у плодоношення, за чинною технологією, передбачає великі витрати антропогенної енергії, в межах 545,8 ГДж/га з яких 52,3 ГДж/га енергія ПММ і 418,7 ГДж/га енергія машин, необхідного обладнання, добрив, засобів захисту рослин та інших ресурсів. Виконання щорічних прийомів догляду за плодоносними виноградниками теж потребує в середньому 54,3 ГДж/га, а з урахуванням амортизації витрат енергії на створення насаджень сукупна енергетична вартість щорічно досягає 81,6 ГДж/га (545,8 ГДж/га: 20 років = 27,9 ГДж/га + 54,3 ГДж/га), з яких 11,8 ГДж, або 277,8 кг – це дизельне паливо.

Своєю чергою, вміст енергії синтезованої та накопиченої у врожаї ягід винограду в межах 7-8 т/га еквівалентний тільки 22,2-25,4 ГДж, або менше щорічних витрат антропогенної енергії у 2,56-3,65 раза.

З метою суттєвого підвищення економічної та енергетичної ефективності, як головної умови та доцільності культивування багаторічних насаджень винограду, в першу чергу, необхідно суттєво збільшити строки їх культивування, удосконалити прийоми створення промислових насаджень та догляду за рослинами, зменшити до мінімуму зріженість кущів і утримувати її на цьому рівні протягом всього терміну культивування виноградників, підтримувати оптимальне навантаження рослин пагонами, позбутися необхідності виконання додаткових прийомів, що потребують великих витрат виключно ручної, малопродуктивної праці (зокрема періодичне видалення підщепних пагонів).

В цьому сенсі ключовим, вирішальним фактором являється якість садивного матеріалу, для закладання нових насаджень винограду.

В минулому, насадження закладалися кореневласними саджанцями, а часто безпосередньо чубуками перспективного сорту. Така технологія зменшувала фінансові витрати, дозволяла постійно підтримувати задану чисельність кущів, забезпечувала досить довгі терміни продуктивного культивування.

Проникнення філоксери на європейський континент та наступне масове знищення виноградників стало головним фактором для переходу від кореневласного вирощування до щепленої культури винограду, як єдиної технології створення

довговічних та високопродуктивних насаджень. Поряд з цим, технологія вирощування винограду на основі щепленої культури виявилася більш складною, порівняно з кореневласним веденням, збільшила фінансові й ресурсні витрати, як на етапі створення насаджень, так і в процесі їх продуктивного культивування. Зокрема, енергетична «ціна» садивного матеріалу винограду зросла у 18,8 раза з 3,7 ГДж/га для створення насаджень на основі кореневласної культури до 69,5 ГДж/га при використанні щеплених саджанців. Значне зростання енергетичних витрат викликало і широке впровадження у практику промислового виноградарства шпалери на основі ж/б стовпів які досягли 256,1 ГДж/га або 46,9% сукупних витрат її на створення насаджень (545,8 ГДж/га). Техногенне навантаження збільшували й наступні інноваційні прийоми догляду за рослинами, впровадження яких у більшості випадків, не принесло очікуваних результатів. Одночасно з енергетичними виросли і фінансові витрати, синергічна взаємодія яких і стали основою періодичного виникнення кризового стану, який зараз і визначає стан вітчизняного виноградарства.

Для виходу виноградарства України з кризового стану необхідні не традиційні прийоми створення промислових насаджень та їх наступного культивування з метою скорочення фінансових і енергетичних витрат. Досягнення не максимальної, а економічно обґрунтованої, сталої продуктивності насаджень, збільшення строків культивування, скорочення часу окупності інвестицій у промислове виноградарство є перспективним.

Серед факторів, що визначають фінансові витрати та ефективність культивування майбутніх насаджень винограду, важливим являється технологія їх створення.

На відміну від чинної технології, створення промислових насаджень, альтернативна технологія передбачає два етапи реалізації проєкту: в перший рік на майбутньому винограднику, згідно з схемою розміщення кущів, вирощують підщепи, використовуючи саджанці або чубуки, а на другий рік проводять їх щеплення здер'янілим чубуком районowanego сорту на зелений пагін підщепи.

Енергетичний аналіз показує, що альтернативна технологія, навіть на етапі закладання насаджень, дозволяє скоротити площу підщепних насаджень, витрати на догляд за ними, зменшити енергетичні та ресурсні витрати на вирощування садивного матеріалу з 69,5 ГДж/га за чинної технології до 11,7 ГДж/га, тобто в 5,9 раза. Альтернативна технологія перспективна, в першу чергу для приватних та фермерських господарств з середньою площею до 3-10 га. Впровадження альтернативної технології закладання насаджень на більшій площі потребує виробництва та наступного застосування необхідних технічних засобів, витратних матеріалів, підготовки кваліфікованих робітників.

Висновки. Для підвищення економічної ефективності виноградарства зміни тільки технології закладання багаторічних насаджень недостатньо, а тому необхідно переглянути і прийоми догляду за рослинами. В першу чергу це стосується технології утримання та обробітку ґрунту на виноградниках. Тривала монокультура і постійне утримання ґрунту в стані чорного пару зумовлює втрату 20-25% органічної речовини із 240-300 т/га її валових запасів без їх суттєвого поповнення. Своєю чергою, постійно зростаючий дефіцит органіки змінює водно-фізичні властивості ґрунту, зменшує швидкість фільтрації вологи до нижніх його горизонтів, а тому максимальні її запаси формуються у верхніх 0-50 см шарах і за високої температури, незахищеної поверхні, швидко втрачаються на фізичне випаровування пригнічуючи ріст та розвиток кущів винограду. Штучне зрошення насаджень, для

усунення дефіциту волого споживання рослин, під час їх вегетації досягається додатковими витратами 8-10,0 ГДж/га техногенної енергії, які врожаєм ягід не окуповуються взагалі.

Отже, питання удосконалення технології культивування промислових насаджень винограду надто складні і багатогранні. Проте розглянуті і запропоновані деякі нетрадиційні технологічні прийоми свідчать про перспективність таких пошуків для розробки та наступного впровадження нових енергозберігаючих та екологічно безпечних технологій створення багаторічних насаджень, вирощування врожаю ягід винограду, від вирішення яких залежить майбутнє українського виноградарства, ефективність галузі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Шевченко І.В., Минкіна Г.О. Історія і майбутнє виноградарства на малопродуктивних землях лівобережного Нижньодніпров'я. Зрошуване землеробство: міжвідомчий тематичний науковий збірник. Херсон, 2020. Вип. 73. С.123-128
2. Борун В.В. Розробка та обґрунтування режимів краплинного зрошення виноградної шкілки в умовах півдня України. Автореф. дис. канд. с/г наук, Одеса, 2021. 24с.
3. Зеленианська Н.М. Наукове обґрунтування та розробка сучасної технології вирощування садивного матеріалу винограду. Автореф. дис. доктора с/г наук. Одеса, 2015. 48с.
4. Новицька-Боровська Н.А. Агробіологічна оцінка підщепи винограду сорту Таїровський 1. Автореф. дис. канд. с/г наук., Одеса, 2007. 18с.
5. Mynkina H.O. Modern measures of controlling root and sprout weeds in grape agrophytocenoses *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки. Херсон*, 2024, Вип. 136. С.41-48 DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.136.2.6>
6. Технологічні карти вирощування винограду в південному степу України. За редакцією канд. с/г наук В. В. Власова. Видавництво ННЦ «Іві В ім. В.Є. Таїрова», 2007. 82с.
7. Шинкарюк А.І. Розробка нетрадиційних способів закладання винограднику у фермерському господарстві. Автореф. дис. канд. с/г наук. Одеса, 2009.18с.
8. Шевченко І.В., Минкін М.В., Минкіна Г.О. Енергоємність сучасної технології вирощування винограду та основних сільськогосподарських культур. Агробіологія. Біла Церква, 2020. Вип.№1(157). С. 192-200

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

UDC 635.621:631.67:620.9:502.131.1(477.7)
DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.3.21>

RATIONAL USE OF WATER AND ENERGY RESOURCES BY BUTTERNUT SQUASH CROPS IN THE SOUTH OF UKRAINE

Shepel A.V. – Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor of the Department of Agriculture,
Kherson State Agrarian and Economic University
orcid.org/0000-0002-9955-4569

The article examines the problem of rational use of water and energy resources in the technology of growing butternut pumpkin under the agroclimatic conditions of Southern Ukraine. Special attention is paid to assessing the effectiveness of different irrigation methods and parameters of plant spatial arrangement as important factors influencing crop yield formation and the level of energy consumption.

The aim of the study was to establish the patterns of productivity formation of butternut pumpkin depending on water supply regimes and row spacing, as well as to assess the efficiency of water and energy resource use under different technological cultivation options. The research was conducted in 2025 under the conditions of the Inhulets Irrigation System in a field experiment, where the experimental design included variants without irrigation, sprinkler irrigation, and drip irrigation combined with different row spacings.

The results showed that under natural moisture conditions the total water consumption was about 650 m³/ha, which ensured low crop yield and a high-water consumption coefficient. The application of sprinkler irrigation significantly increased crop yield to more than 30 t/ha and considerably improved water use productivity. The highest yield in the experiment was obtained under drip irrigation with a row spacing of 140 cm, where the indicator reached 37.9 t/ha, indicating the high efficiency of localized water supply to plants.

Energy analysis showed that without irrigation, the production of butternut pumpkin is characterized by low energy efficiency. The use of irrigation significantly changes the structure of the energy balance of the agrophytocenosis, ensuring that the energy input from the yield exceeds energy expenditures. The highest energy coefficient was formed under the combination of sprinkler irrigation with a row spacing of 210 cm, indicating an optimal ratio between energy inputs and obtained production.

Correlation and regression analysis revealed a very strong positive relationship between total water consumption and yield ($r \approx 0.99$), confirming the dominant role of water supply in the formation of crop productivity. The obtained mathematical models make it possible to predict butternut pumpkin yield depending on the level of moisture supply under the arid climatic conditions of Southern Ukraine.

Key words: butternut pumpkin, irrigation conditions and methods, drip irrigation, sprinkler irrigation, yield, water consumption, energy efficiency.

Шепель А.В. Рациональность использования водных та энергетических ресурсов посівами гарбуза мускатного на півдні України

У статті розглянуто проблему раціонального використання водних та енергетичних ресурсів у технології вирощування гарбуза мускатного в агрокліматичних умовах Півдня України. Особливу увагу приділено оцінці ефективності різних способів зволоження та параметрів просторового розміщення рослин як важливих чинників формування врожайності культури та рівня енерговитрат. Метою нашого дослідження було встановлення закономірностей формування продуктивності гарбуза мускатного залежно від режимів вологозабезпечення та ширини міжряддя, а також оцінка ефективності використання водних і енергетичних ресурсів за різних технологічних варіантів вирощування. Дослідження проводилися у 2025 р. в умовах Інгулецької зрошуваної системи в польовому досліді, в схемі



© Shepel A.V., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

якого вивчалися варіанти без зрошення, дощування та краплинного зрошення у поєднанні з різною шириною міжрядь. За результатами досліджень встановлено, що в умовах природного зволоження сумарне водоспоживання становило близько 650 м³/га, що забезпечило низьку врожайність і високий коефіцієнт водоспоживання. Застосування дощування сприяло суттєвому зростанню врожайності культури до понад 30 т/га та значному підвищенню продуктивності використання води. Найвищу врожайність у досліді отримано за краплинного зрошення при ширині міжряддя 140 см, де показник досяг 37,9 т/га, що свідчить про високу ефективність локального водопостачання рослин. Енергетичний аналіз показав, що без зрошення виробництво гарбуза мускатного характеризується низькою енергетичною віддачею. Використання зрошення суттєво змінює структуру енергетичного балансу агрофітоценозу, забезпечуючи перевищення енергетичного приходу з урожаєм над витратами. Найвищий енергетичний коефіцієнт сформувався за поєднання дощування із шириною міжряддя 210 см, що свідчить про оптимальне співвідношення витрат енергії та отриманої продукції. Кореляційно-регресійний аналіз засвідчив дуже тісний прямий зв'язок між сумарним водоспоживанням і врожайністю ($r \approx 0,99$), що підтверджує домінуючу роль вологозабезпечення у формуванні продуктивності культури. Отримані математичні моделі дозволяють прогнозувати врожайність гарбуза мускатного залежно від рівня вологозабезпеченості в умовах посушливого клімату Півдня України.

Ключові слова: гарбуз мускатний, умови та способи зволоження, краплинне зрошення, дощування, врожайність, водоспоживання, енергетична ефективність.

Relevance of the research topic. It is known that pumpkin is a heat-loving and light-demanding plant, while butternut squash (*Cucurbita moschata*) is a record holder in terms of heat tolerance [1]. In addition, butternut squash is widely distributed in most regions of the world, and its fruits are rich in carotenoids, vitamins, and minerals. It is known that this crop has potential antidiabetic, antibacterial, and anticancer properties [2, p. 171]. As a valuable vegetable crop with a high biological productivity potential, butternut squash has significant prospects for expanding cultivation areas in the region [3, p. 99]. At the same time, the formation of its yield in the conditions of Southern Ukraine is largely determined by the level of water supply and energy costs for the implementation of technological processes [4, p. 13].

In the studies of Tunisian scientists Solsen Drine, Mohamed Bazes, and Tebra Triki on butternut squash, 14 flavonoids and 10 phenolic acids were identified in its fruits. The following phenolic acids and flavonoids predominate in the fruit pulp: quinic acid, p-coumaric acid, cirsiolol, and luteolin. In general, the obtained data indicate that *Cucurbita moschata* is a rich source of compounds with high nutritional value and beneficial biological properties. The presence of such substances in butternut squash makes it an excellent material for both industrial and therapeutic applications [5, p. 166]. Among cucurbit crops, pumpkin is the most moisture-demanding: its powerful above-ground mass, particularly the leaves, continuously grows and evaporates a large amount of water. Therefore, the absence of rainfall or irrigation often negatively affects yield formation [1]. Interesting research results on pumpkin seed oil were presented in the Scientific International Journal of Chemistry and Materials Science (SIJCMS). To obtain oil from butternut squash seeds, the following methods were used: Soxhlet chemical extraction, cold solvent extraction, and mechanical pressing. The oil yield was 35.5%, 30.2%, and 26.0%, respectively. The fatty acid composition of the oil was analyzed using gas chromatography–mass spectrometry (GC-MS). The results showed that the oil contains about 22.57% saturated fatty acids and 73.21% unsaturated fatty acids. The authors conducted these in-depth studies in order to assess the possibility of using butternut squash seed oil for biodiesel production [6, p. 56].

Thus, there is a growing need to study the patterns of yield formation of *Cucurbita moschata* depending on water supply conditions and the level of energy inputs, as well

as to develop scientifically grounded recommendations for improving the rational use of water and energy resources in irrigated agriculture in Southern Ukraine.

Problem statement. The issue of rational use of water and energy resources in agriculture is becoming increasingly relevant at the present stage under the conditions of climate change, growing freshwater scarcity, and rising energy costs. For the agricultural sector of Southern Ukraine, which is characterized by an arid climate, high temperature stress during the growing season, and unstable moisture supply, the optimization of water consumption and energy expenditures in vegetable crop production technologies is of strategic importance. Under these conditions, the efficiency of irrigated agriculture directly depends on scientifically grounded approaches to irrigation scheduling, the selection of appropriate irrigation methods, and the minimization of energy costs for water supply and technological operations.

Analysis of recent research and publications. Previous studies conducted by Semen O. T. demonstrated that the feeding area of butternut squash plants significantly affects the yield level of their fruits. In particular, for both varieties, the maximum fruit yield (16.8 t/ha) was obtained in the treatment with a plant feeding area of 5 m² (average across fertilization backgrounds); the yield increase amounted to 2.0–12.6% compared with other treatments. The high yield of pumpkin fruits in this treatment is primarily explained by the biological characteristics of the root system, the physiologically active part of which is mainly located on the roots of the second and third orders, whose length reaches 1.5–2.5 m. Therefore, widening row spacing ensures more complete plant nutrition and does not cause competition among plants. With increased plant density, the crop yield decreased by 0.3–1.8 t/ha. The lowest yield was obtained when growing butternut squash plants with a feeding area of 2 m²–15.0 t/ha on average across varieties and fertilization backgrounds, which corresponds to the highest plant density within the rows [7, p. 117].

Professor Belova T. of the Poltava State Agrarian University and Zavertalyuk V., Director of the Dnipropetrovsk Experimental Station of the Institute of Vegetable and Melon Growing, recommend sowing long-vine pumpkin varieties according to a spacing scheme of 2.1 × 2.1 m, medium-vine varieties 2.1 × 1.4 m, and short-vine varieties 1.4 × 0.7 m [8]. Regarding yield, among the large-fruited pumpkins the best results in the studies reported by Avranchuk A. [1] were obtained for the variety Poliovychka, with a yield of standard fruits of 29.4 t/ha and a marketable fruit share of 89.6%. As for butternut pumpkins, the best results were obtained with the variety Dyvo, which produced 33.1 t/ha with a marketable fruit share of 91%.

In order to obtain the most accurate results, a study was conducted on the effect of plant spacing on the formation of fruit quality and the yield of marketable fruits. The standard planting scheme selected was 1.4 × 1.4 m with a sowing density ranging from 3.5 to 9.0 thousand plants per hectare. For this experiment, the varieties Zhdana and Dolya were selected. The highest yield of the Zhdana variety was obtained with a planting scheme of 1.4 × 1.4 m and a density of 5.1 thousand plants per hectare, resulting in a yield of 31.9 t/ha. For the Dolya variety, the optimal scheme was identical, although the yield was slightly higher, reaching 34.3 t/ha. According to the biochemical composition analysis, it was established that increasing plant density leads to a decrease in biochemical indicators. For more efficient use of the plant nutrition area and obtaining a marketable yield of large-fruited and butternut pumpkin at the level of 32–34 t/ha, sowing should be carried out according to the schemes 1.4 × 1.1 m and 1.4 × 1.4 m. Farmers are particularly interested in the profitability of cultivating specific varieties. Thus, according to research results, the use of the varieties Yuvilei and Dyvo is the

most economically advantageous, as their profitability levels reach 109% and 151%, respectively [1].

According to the results of studies conducted by Khareba O. and Kokoiko V. [9, p. 78; 10, p. 77], the varieties Dolya and Dyvo of butternut pumpkin proved to be valuable, as they were characterized by high adaptability and total fruit yield at the level of 34.5–37.3 t/ha. In addition, these varieties were distinguished by a high content of total sugars in the fruit pulp - 7.3% and 6.4%, respectively. The varieties Dolya and Dyvo were also valuable due to their high content of provitamin A, amounting to 8.3 and 10.7 mg/100 g, respectively.

In studies conducted on butternut squash (*Cucurbita moschata*) by Colombian scientists R. Restrepo, M. Restrepo, S. Grisales, and G. Hermann, the influence of different levels of soil moisture during crop cultivation was investigated [11]. Different soil moisture levels were determined by the evapotranspiration rate of the crop, ranging from 0.4 ET₀ to 1.2 ET₀. The maximum biometric parameters-biomass, leaf area, number of stomata, and root length-were obtained in the treatment with the highest soil moisture level (1.2 ET₀). In contrast, under moisture deficit conditions (ET₀ evapotranspiration = 0.4), a significant decrease in the macromolecular composition of the leaf blade was observed, including soluble protein, soluble carbohydrates, chlorophyll a and b, and carotenoids. In addition, moisture deficiency stimulated the formation of hydrogen peroxide (H₂O₂), to which the plants responded by producing enzymes that protect the photosynthetic process.

Scientists from Sudan, Nahid Tajelsir Khieri and Ashraf Izzeldin Abdalla, conducted studies on butternut squash in which two sowing methods were examined: single-row sowing and two-row strip sowing [12, p. 289]. As expected, the single-row sowing method significantly exceeded the strip sowing method in terms of yield. According to the results of a study conducted in Malaysia [13, p. 33] on butternut squash, no statistically significant differences were observed in leaf area among treatments with 20 cm, 40 cm, and 60 cm spacing between plants within the row. Accordingly, there were no significant differences among these treatments in fruit weight, length, or width. Nevertheless, fruit size at the 60 cm spacing was larger compared with other plant spacing distances. In the study by Averchev O. V. and Avercheva N. O., it is noted that increasing the efficiency of land resource use in farming enterprises is achieved through the implementation of scientifically grounded crop cultivation technologies, rational use of natural resources, and optimization of production costs [14, p. 18].

Despite the availability of scientific studies on technologies for cultivating cucurbit crops, the issues of comprehensive assessment of the relationship between water consumption, energy inputs, and productivity of butternut squash crops under the specific soil and climatic conditions of Southern Ukraine remain insufficiently systematized. The lack of integrated approaches to determining energy efficiency indicators, taking into account different irrigation methods and plant placement parameters, necessitates a deeper scientific substantiation of optimal technological solutions.

Materials and methods of research. The research was conducted under the agro-climatic conditions of Southern Ukraine within the Ingulets irrigation system, using the technology for cultivating butternut squash that is typical for the region. The object of the study was *Cucurbita moschata* Duchesne ex Poir., which is characterized by high plasticity in water consumption and a significant biological productivity potential. The field experiment was established according to a two-factor design and included the following treatments: Factor A – moisture conditions and irrigation methods: without irrigation, sprinkler irrigation, and drip irrigation; Factor B – row spacing: 140 cm and 210 cm. In the experiment, the Dyvo variety was

sown. In our research, field, statistical, and calculation–comparative methods were used. The field experiment was conducted with four replications, and the treatments were arranged sequentially. The total (sowing) area of the experimental plot was 420 m², while the accounting area depended on the row spacing. Thus, for treatments with a 2.1 m row spacing, the accounting area of the plot was 210 m², whereas for treatments with a 1.4 m row spacing it was 280 m².

The predecessor of butternut squash was winter wheat, with an average yield of 4.56 t/ha. The system of primary soil tillage was carried out according to a semi-fallow type. Weather conditions during the 2025 growing season were characterized as very dry and hot. In particular, during the period from harvesting the predecessor crop to sowing butternut squash, only 86 mm of precipitation fell in the farm area (according to data from the farm's own meteorological station), which is critically low. As a result, according to our calculations, the productive moisture reserve in the one-meter soil layer of southern chernozem at the time of sowing amounted to 421 m³/ha. During the crop growing season (May–September 2025), the total precipitation amounted to 73 mm, which is also critically low and consequently affected the yield of the crop under non-irrigated conditions in the control treatment.

Plant water supply was assessed based on the total volume of water used for irrigation, the amount of effective precipitation during the growing season of butternut squash, soil moisture indicators at different stages of crop development, as well as the water consumption coefficient, defined as the ratio of crop yield to the total water consumption of the crop. The energy analysis was based on calculations of specific energy inputs per unit area, taking into account all components of the technological cycle, including soil preparation, sowing, inter-row cultivation, irrigation, and harvesting. At the same time, an essential component was the determination of the actual energy costs for supplying water to the irrigation system, considering the technical parameters of the pumping equipment, which made it possible to evaluate the energy efficiency of each treatment.

Presentation of the main research material. In Southern Ukraine, large-scale irrigation systems such as the Ingulets, North Crimean, and Kakhovka systems were constructed 50–60 years ago, which made it possible to achieve guaranteed yields of agricultural crops under the planned economy model. In the current conditions of a market economy, the main goal of agricultural production is to obtain products at minimal cost and with optimal resource use, including mineral fertilizers, fuel, irrigation water, and so on. In our field experiment, based on the calculated values of the components of total water consumption, the water consumption coefficient of the crop was determined (Table 1).

The analysis of the data in Table 1 indicates a significant influence of moisture conditions and irrigation methods, as well as row spacing, on the values of water consumption and yield of butternut pumpkin. In the absence of irrigation, the total water consumption of crops amounted to 650 m³/ha regardless of row spacing, which is explained by the use of only soil moisture and effective precipitation during the crop growing season. At the same time, the yield at a row spacing of 210 cm (6.8 t/ha) exceeded the corresponding indicator at 140 cm (5.5 t/ha), which resulted in a decrease in the water consumption coefficient to 95.6 m³/t compared with 118.2 m³/t. This indicates a more efficient use of natural moisture under an optimized spatial arrangement of crops.

Sprinkler irrigation significantly increased the total water consumption of the crop to 1852–1848 m³/ha due to the irrigation rate of 1200 m³/ha. Under these conditions, a sharp increase in yield was observed, reaching 27.6 t/ha at a row spacing of 140 cm and 32.3 t/ha at 210 cm. Accordingly, the water consumption coefficient decreased to 67.1 and 57.2 m³/t, respectively, indicating improved efficiency in the use of water resources. The

highest yield in the experiment was achieved with the combination of sprinkler irrigation and a row spacing of 210 cm, which indicates a synergistic effect of agrotechnical factors.

Table 1

Water consumption by butternut squash crops depending on irrigation conditions, methods, and row spacing, 2025

Moisture conditions and irrigation methods – Factor A	Row spacing, cm – Factor B	Components of total water consumption, m ³ /ha.				Yield, t/ha	Water consumption coefficient, m ³ /t
		Soil moisture	Effective precipitation	Irrigation rate	Total		
No irrigation	140	213	438	-	650	5.5	118.2
	210	212	438	-	650	6.8	95.6
Sprinkler irrigation	140	214	438	1200	1852	27.6	67.1
	210	210	438	1200	1848	32.3	57.2
Drip irrigation	140	208	438	1550	2196	37.9	57.9
	210	211	438	1550	2199	34.0	64.7
LSD 05, t/ha factor A						1.81	
LSD 05, t/ha factor B						1.70	

*Source: Author's own research.

Drip irrigation was characterized by the highest level of total water consumption – 2196-2199 m³/ha with an irrigation rate of 1550 m³/ha. At a row spacing of 140 cm, the yield reached 37.9 t/ha, which is the highest value in the study, whereas at a row spacing of 210 cm it amounted to 34.0 t/ha. The water consumption coefficient was 57.9 and 64.7 m³/t, respectively. The obtained results indicate that under drip irrigation, a denser plant arrangement (140 cm) contributes to increasing the productivity of the agrophytocenosis and ensures a more efficient conversion of water resources into yield.

In general, a clear trend can be observed: the application of irrigation significantly increases the yield of butternut pumpkin and reduces the water consumption coefficient compared with rainfed conditions. Cultivation without irrigation is the least efficient in terms of moisture use, whereas the most productive is the application of drip irrigation with a row spacing of 140 cm. At the same time, sprinkler irrigation with a row spacing of 210 cm ensures an optimal ratio between water consumption and yield.

Correlation analysis revealed a very strong positive relationship between total water consumption and crop yield ($r = 0.9897$), indicating an almost functional dependence of yield formation on the level of moisture supply. Similarly, a strong positive correlation was observed between the irrigation rate and yield ($r = 0.9900$). At the same time, the water consumption coefficient has a strong inverse relationship with yield ($r = -0.9505$) and with total water consumption ($r = -0.9257$), confirming an increase in water use efficiency with increasing productivity of the agroecosystem. Row spacing demonstrates a weak correlation with yield ($r = 0.027$), indicating the secondary nature of its influence compared with the irrigation factor within the presented dataset.

As a result of the single-factor regression analysis (yield as a function of total water consumption), the following equation was obtained:

$$Y = -6.3606 + 0.0194X$$

where Y is yield, t/ha; X is total water consumption, m³/ha.

The coefficient of determination $R^2 = 0.9796$, which explains 97.96% of the variation in yield by the water consumption factor. An increase in total water consumption by 100 m³/ha ensures an average increase in yield of 1.94 t/ha.

The multifactor regression model (taking into account row spacing) has the following form:

$$Y = -8.1270 + 0.0194X_1 + 0.0101X_2$$

where X_1 is total water consumption, m³/ha; X_2 is row spacing, cm.

The coefficient of determination $R^2 = 0.9803$, which only slightly exceeds the value of the single-factor model. This indicates that the main determining factor in yield formation is the level of moisture supply, whereas row spacing within the range of 140–210 cm has a relatively weak additional influence. Thus, the statistical analysis confirms the dominant role of irrigation in the formation of butternut pumpkin productivity. Increasing the irrigation rate significantly increases yield and simultaneously reduces the water consumption coefficient of butternut pumpkin, indicating an increase in the water-use efficiency of the agrophytocenosis. The obtained models can be used to predict yield under different parameters of water supply and to optimize irrigation regimes in order to achieve maximum economic and resource efficiency. Under modern farming conditions, the main factor in the development of production is the availability of energy sources. In this regard, an essential element in evaluating the technology of crop cultivation should be the analysis of energy efficiency (Table 2).

Table 2

Energy efficiency of muscat pumpkin cultivation depending on moisture conditions, irrigation methods, and row spacing, 2025

Moisture conditions and irrigation methods	Row spacing, cm	Energy balance components, MJ/ha		Energy efficiency coefficient	Yield, t/ha
		Total energy inputs	Energy output with the yield		
No irrigation	140	19.51	5.75	0.29	5.5
	210	20.16	7.11	0.35	6.8
Sprinkler irrigation	140	21.85	28.87	1.32	27.6
	210	22.34	33.79	1.51	32.3
Drip irrigation	140	28.62	39.64	1.39	37.9
	210	26.17	35.56	1.36	34.0

*Source: Author's own research.

The analysis of the indicators of energy efficiency in butternut pumpkin cultivation indicates a significant influence of moisture conditions and irrigation methods, as well as row spacing, on the formation of the energy balance of the agrophytocenosis. Under rainfed conditions, the level of total energy costs was the lowest and amounted to 19.51–20.16 MJ/ha, which is explained by the absence of additional energy expenditures for water supply and distribution. However, the low energy input with the yield (5.75–7.11 MJ/ha) resulted in the formation of a minimum energy coefficient of 0.29–0.35, indicating the energy inefficiency of production under non-irrigated conditions. Increasing row spacing to 210 cm contributed to an increase in yield from 5.5 to 6.8 t/ha and a corresponding rise in the energy coefficient; however, the overall level of energy return remained critically low.

The use of sprinkler irrigation was accompanied by a moderate increase in total energy costs to 21.85–22.34 MJ/ha, but the increase in yield to 27.6–32.3 t/ha ensured a significant rise in energy input with the harvested products, up to 28.87–33.79 MJ/ha.

As a result, the energy coefficient increased to 1.32–1.51, indicating that energy output exceeded energy inputs and a positive energy balance was formed. The highest value of the energy coefficient (1.51) was obtained with the combination of sprinkler irrigation and a row spacing of 210 cm, which indicates an optimal ratio between crop structure and moisture conditions from the standpoint of energy efficiency.

Drip irrigation was characterized by the highest total energy expenditures – 26.17–28.62 MJ/ha, which is associated with the energy intensity of the water supply system and its technical maintenance. At the same time, this method of irrigation ensured the maximum energy input with the yield – 35.56–39.64 MJ/ha and the highest yield (37.9 t/ha at a row spacing of 140 cm). The energy coefficient ranged from 1.36 to 1.39, which is slightly lower than the best variant with sprinkler irrigation at 210 cm, but significantly higher than the indicators without irrigation.

Generalization of the results shows that the introduction of irrigation fundamentally changes the energy structure of butternut pumpkin production, transforming the system from an energy-deficient one into an energy-profitable one. The most energy-efficient option proved to be the combination of sprinkler irrigation with a row spacing of 210 cm, whereas the maximum biological productivity was achieved with drip irrigation at 140 cm. Therefore, the choice of a technological option should be based on a balance between maximizing yield and optimizing energy costs.

Based on the data in Table 2, a correlation and regression analysis was conducted to determine the relationship between the indicators of energy efficiency in butternut pumpkin cultivation and the crop yield depending on moisture conditions and row spacing. The calculation results indicate the presence of a strong direct statistical relationship between the energy coefficient and yield. The value of the pair correlation coefficient is $r = 0.97$, which characterizes a very high level of positive correlation between the studied indicators. This means that with an increase in the energy efficiency of the cultivation technology, a consistent increase in crop yield is observed. The coefficient of determination $R^2 = 0.95$ indicates that about 95% of the yield variation is explained by changes in the energy coefficient, while only a small share depends on other factors.

Regression analysis made it possible to establish a linear regression equation describing the dependence of yield on the energy coefficient:

$$Y = -1.67 + 24.78X,$$

where Y is the yield of butternut pumpkin, t/ha; X is the energy coefficient of the cultivation technology. The obtained equation shows that an increase in the energy coefficient by one unit is accompanied by an increase in yield by approximately 24.8 t/ha, which confirms the high efficiency of energy-saving and intensive technological solutions in the crop cultivation system. The highest values of yield and energy return were observed when drip irrigation and the optimal row spacing were used, ensuring more efficient utilization of energy resources and increased productivity of the agrocenosis.

Thus, the results of the correlation and regression analysis confirm the existence of a close functional relationship between the energy efficiency of the cultivation technology and the yield of butternut pumpkin. An increase in the energy coefficient, achieved through the rational application of irrigation and optimization of agrotechnical parameters, contributes to a significant increase in crop productivity. This indicates the feasibility of implementing energy-efficient cultivation technologies as an important factor in improving the economic and production efficiency of vegetable growing.

Conclusions and prospects for further research. It was established that the efficiency of water resource use is largely determined not only by the irrigation rate, but also by row spacing and the irrigation method. The optimal variant of our field experiment, in which the minimum water consumption for the formation of 1 t of butternut pumpkin fruits (57.2 m³) and the maximum energy coefficient (1.51) were obtained, was the following: crop sowing with a row spacing of 210 cm combined with sprinkler irrigation.

The results of the correlation and regression analysis indicate the presence of a close relationship between total water consumption, energy expenditures, and yield, which

makes it possible to predict the efficiency of resource use under different technological options. The prospects for further research involve a comprehensive study of the influence of various technological schemes of butternut pumpkin cultivation on water and energy efficiency in combination with economic and environmental indicators.

REFERENCES:

1. Аврамчук А. Вирощування гарбузів є перспективним напрямком в Україні. URL: <https://superagronom.com/blog/262-viroschuvannya-garbuziv-ye-perspektivnim-napryamkom-v-ukrayini> (дата звернення 05.03.2026).
2. Men X, Choi SI, Han X, Kwon HY, Jang GW, Choi YE, Park SM, Lee OH. Physicochemical, nutritional and functional properties of *Cucurbita moschata*. *Food Sci Biotechnol*. 2020. Vol. 30 (2), pp. 171-183. DOI: 10.1007/s10068-020-00835-2
3. Діденко В.П., Діденко Т.В. Селекція кавунів і гарбузів на високий вміст в плодах біологічно-активних речовин. *Овочівництво і баштанництво*. 2005. Вип. 50. С. 98–104.
4. Лимар А.О. Баштанництво: навчальний посібник. К.: Вища школа, 2005. 166 с.
5. Enneb S., Drine S., Bagues M., Triki T., Boussora F., Guasmi F., Nagaz, A. Ferchichi K. Phytochemical profiles and nutritional composition of squash (*Cucurbita moschata* D.) from Tunisia. *South African Journal of Botany*. 2020. Vol. 130, pp. 165-171. DOI: 10.1016/j.sajb.2019.12.011
6. Alhassan S. O., Osman M. E., Hammad A. O., Abdelmalik L. A. Extraction and Physicochemical Properties of Pumpkin (*Cucurbita moschata*) Seed Oil as a Renewable Source for Biodiesel Production. *Scholars International Journal of Chemistry and Material Sciences*, February 2026. Vol. 9(01), pp. 54-60. DOI: 10.36348/sijcms.2026.v09i01.007
7. Семен О.Т. Технологія вирощування гарбуза мускатного в зоні степу України. *Агроекологічний журнал*. 2014. № 4. С. 114-117. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2014.345089>
8. Белова Т., Заверталюк В. Поради щодо вирощування гарбуза. *СонцеСад*. URL: <https://soncesad.com/statyi/ovochi/garbuz/poradi-shhodo-viroshhuvannya-garbuz.html> (дата звернення 02.03.2026).
9. Хареба О., Хареба В, Кокойко В. Екологічна оцінка сортів гарбуза мускатного за основними господарсько-цінними показниками в умовах Лісостепу України. *Bulletin of Agricultural Science*. 2020. Том 98. № 3. С. 77-81. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202003-11>
10. Хареба В. В., Кокойко В. В. Гарбуз: біологія, технологія вирощування та переробки: монографія. Київ: Аграрна наука, 2022. 208 с. <https://doi.org/10.31073/978-966-540-549-8>
11. Restrepo Robert Augusto Rodríguez, Restrepo Magda Piedad Valdés, Grisales Sanin Ortiz, Hermann Harold Tafur Morphological and physiological response of butternut squash (*Cucurbita moschata* Duchesne) to soil moisture regimen. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 2026. Vol. 25:16. DOI: 10.1007/s44447-025-00100-0
12. Khiery, Nahid Tajelsir, and Ashraf Izzeldin Abdalla. Effects of Season, Sowing Method and Planting Date on Growth and Yield Components of Pumpkin (*Cucurbita Moschata* Duch. Ex Poir.). *Journal of Experimental Agriculture International*. 2025. Vol. 47 (7), pp. 289-300. DOI: 10.9734/jeai/2025/v47i73568
13. Kumara Thevan Krishnan & Mohamad Daniell Mohd Dali & Mohamad Affandi Mohd Shukri. Assessing *Cucurbita Moschata* Plant Growth And Fruit Quality At Different Planting Distances, *Tropical Agroecosystems (TAEC)*, Zibeline International Publishing. September 2024. Vol. 5(1), pp. 33-36. DOI: 10.26480/taec.01.2024.33.36
14. Аверчев О. В., Аверчева Н. О. Напрями підвищення ефективності використання земельних ресурсів у фермерських господарствах. *Економіка і держава*. 2020. № 5. С. 15-22. <https://doi.org/10.32702/2306-6806.2020.5.15>

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 631.559/.847:633.35

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.3.22>

ВПЛИВ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ТА БАКТЕРИЗАЦІЇ НАСІННЯ НА ВРОЖАЙНІСТЬ СОЇ

Шкатула Ю.М. – к.с.-г.н., доцент, завідувач кафедри землеробства,
ґрунтознавства та агрохімії,
Вінницький національний аграрний університет
orcid.org/0000-0002-4275-309X

Пелех Л.В. – к.с.-г.н., ст. викладач кафедри землеробства,
ґрунтознавства та агрохімії,
Вінницький національний аграрний університет
orcid.org/0000-0003-0967-2121

Дрозда О.В. – аспірант кафедри землеробства,
ґрунтознавства та агрохімії,
Вінницький національний аграрний університет
orcid.org/0009-0009-6697-4506

Представлені результати досліджень з визначення впливу способів основного обробітку ґрунту на показники щільності складення, пористості оброблюваного шару ґрунту за вирощування сої, впливу їх на продуктивність сої. Метою досліджень було визначення впливу способів основного обробітку ґрунту та передпосівної бактеризації насіння на щільність складення та пористість оброблюваного шару ґрунту, урожайність насіння сої в умовах Лісостепу правобережного. Традиційні технології вирощування сої потребують удосконалення в нових умовах із метою економії ресурсів та підвищення рівня рентабельності виробництва насіння. Досягти цього можна за допомогою мінімізації основного обробітку ґрунту із заміною полицевої оранки на безполцеву.

Спостереження за зміною щільності складення шару ґрунту 0–30 см свідчить про те, що цей показник в середньому за роки дослідження коливався в межах 1,24–1,44 г/м³. Найбільш розпушеним ґрунтом при сівбі виявився шар ґрунту у варіанті оранки на глибину 20–22 см під сою. У даному варіанті показник щільності складення у шарі ґрунту 0–10 см перед сівою був на рівні 1,24 г/см³, у 10–20 см, становив 1,25 г/см³, відповідно на глибині 20–30 см – 1,28 г/см³. За роки досліджень пористість ґрунту коливалась у межах 46,3–55,3 %, водночас відзначається тенденція до її підвищення у варіантах полицевого обробітку на глибину 20–22 см. У даному варіанті показник пористості оброблюваного шару ґрунту на період сівби становив 55,3 %, на період збирання сої 50,0–50,1 %. Максимальну продуктивність культури може забезпечити безполцева система обробітку ґрунту (чизель–глибокорозпушувач, на глибину 20–22 см), в результаті чого врожайність сої була на рівні 3,46–3,70 т/га, при чому найвища урожайність була відмічена у варіанті де додатково проводилась бактеризація насіння сої перед посівом біопрепаратами Оптімайз Пульс + Фітодоктор в нормі 3,0 л/т +1,5 кг/т. Отримані результати підтверджують доцільність заміни полицевого обробітку на більш продуктивний спосіб обробітку ґрунту під сою – безполцевим обробітком (чизель–глибокорозпушувач) на глибину 20–22 см із проведенням бактеризації насіння сої перед посівом.

Ключові слова: соя, ґрунт, обробіток, бактеризація, щільність, пористість, насіння, урожайність.

Shkatula Yu.M., Pelekh L.V., Drozda O.V. The influence of soil cultivation and seed bacterization on soybean yield

The results of research on determining the influence of the methods of the main tillage on the indicators of the density of composition, the porosity of the cultivated soil layer during



© Шкатула Ю.М., Пелех Л.В., Дрозда О.В., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

soybean cultivation, and their influence on soybean productivity are presented. The purpose of the research was to determine the influence of the methods of basic tillage and pre-sowing bacterization of seeds on the density of composition and porosity of the cultivated soil layer, the yield of soybean seeds in the conditions of the right-bank forest-steppe. Traditional soybean cultivation technologies need to be improved in new conditions in order to save resources and increase the level of profitability of seed production. This can be achieved by minimizing the main tillage with the replacement of shelf plowing with shelfless plowing.

Observation of the change in the density of soil layer composition of 0–30 cm suggests that this indicator, on average, over the years of study, ranged between 1.24–1.44 g/m³. The loosest soil during sowing was a layer of soil in the version of plowing to a depth of 20–22 cm under soybeans. In the present embodiment, the compounding density index in the soil layer 0–10 cm before sowing was at 1.24 g/cm³, in 10–20 cm, was 1.25 g/cm³, respectively at a depth of 20–30 cm – 1.28 g/cm³. Over the years of research, soil porosity has fluctuated within 46.3–55.3%, while a tendency to increase it in shelf cultivation options to a depth of 20–22 cm is noted. In this embodiment, the porosity of the treated soil layer for the sowing period was 55.3%, for the soybean harvesting period 50.0–50.1%. Maximum crop productivity can be achieved by a no-till soil cultivation system (chisel-deep loosener, to a depth of 20–22 cm), resulting in soybean yields of 3.46–3.70 t/ha, with the highest yield observed in the variant where additional bacterisation of soybean seeds was carried out before sowing with biological preparations Optimize Pulse + Phytodoktor at a rate of 3.0 l/t + 1.5 kg/t. The results obtained confirm the advisability of replacing ploughing with a more productive method of soil cultivation for soybeans – non-ploughing (chisel-deep loosener) to a depth of 20–22 cm with bacteriation of soybean seeds before sowing.

Key words: soybean, soil, cultivation, bacterisation, density, porosity, seeds, yield.

Актуальність дослідження. Серед зернобобових культур, які використовуються у сучасному світовому землеробстві соя є найпоширенішою культурою у світі. Підвищений інтерес до вирощування сої пояснюється здатністю формувати високоякісний рослинний білок та олію, яка використовується багатьма галузями промисловості та сільським господарством [1,2].

Багатьма науковцями відмічається агроекологічна роль сої, забезпечуючи свою потребу в азоті та підвищуючи родючість ґрунту, завдяки унікальному поєднанню в рослині процесів фотосинтезу і біологічної фіксації азоту. Соя є досить прибутковою культурою. За правильно підбраною технологією її вирощування рентабельність сягає 40–60% і більше [3].

Збільшення виробництва насіння сої пов'язане з розширенням посівних площ і підвищенням її продуктивності [4]. Для збільшення врожайності і поліпшення якості насіння сої велике значення мають усі елементи технології її вирощування. Серед них визначальне значення мають системи основного обробітку ґрунту, а також бактеризація насіння, як чинники підвищення врожайності та якості насіння сої [5].

Науковці Романський О., Костенко К., Громадська В., [6] в своїй науковій праці відмічають, що традиційні технології вирощування сої потребують удосконалення в нових умовах із метою економії ресурсів та підвищення рівня рентабельності виробництва насіння. Досягти цього можна за допомогою мінімізації основного обробітку ґрунту із заміною полицевої оранки на безполицеву. Однак мінімізація обробітку ґрунту може призвести до фізико-хімічних змін ґрунту, підвищення щільності його, зміни чисельності шкочинних організмів, формування знижених урожаїв культури, ніж за традиційної системи обробітку ґрунту [6].

Тому актуальним є завдання пошуку ефективних технологічних рішень обробітку ґрунту при вирощуванні сої в умовах Лісостепу правобережного.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На світовому ринку попит на зернобобові культури з кожним роком збільшуються, що обумовлено затребованістю в кормовій галузі, зокрема у тваринництві та птахівництві,

продовольчій – розширення населення яке споживає здебільшого рослинні жири, інтенсивним нарощуванням виробництва біопалива.

У сучасних умовах господарювання агроформуваннями особливого значення набуває впровадження адаптивно-інтенсивних технологій вирощування сої, які забезпечують ефективне використання природних ресурсів і зменшують ризик впливу кліматичних факторів. Одним із ключових і водночас найскладніших етапів технології вирощування сої являється система обробітку ґрунту.

Підготовка ґрунту є одним із найважливіших завдань у сільському господарстві. Для того щоб рослини добре росли і розвивались необхідно забезпечити ґрунт достатньою кількістю повітря, води та поживних речовин, забезпечуючи необхідні умови для формування сталого врожаю сільськогосподарських культур. Нинішні умови вимагають вирішення не лише проблем підвищення продуктивності культурних рослин, а й збереження земельних ресурсів [7].

Обробіток ґрунту – основний агротехнічний захід механічної зміни природних чи штучних властивостей ґрунту робочими органами ґрунтообробних машин і знарядь для оптимізації умов вирощування сільськогосподарських культур. Система обробітку ґрунту має вирішувати головне завдання – створення оптимальної будови складення оброблюваного шару ґрунту та його структурного стану для регулювання агрофізичних, біологічних та агрохімічних процесів, що відбуваються в ґрунті [8].

Найпоширенішими способами обробітку є полицевий та безполицевий. Традиційний (полицевий) обробіток ґрунту включає в себе повне обертання верхнього шару ґрунту. Мілкий обробіток характеризується мінімізованим порушенням ґрунту, залишаючи нижні шари відносно непорушеними з метою збереження структури ґрунту й агрегатів [9, 10].

Науковці М. Новохацький, Т. Панченко [11] стверджують, що обробіток ґрунту відіграє важливу роль у вирощуванні сої, забезпечуючи оптимальний баланс між продуктивністю та стресовими кліматичними факторами.

На думку більшості науковців, вибір способу основного обробітку ґрунту під посіви сої повинні базуватися на врахуванні ґрунтово-кліматичних особливостей зони, рівня ерозійних процесів, біологічних властивостей культури, попередників, інтенсивності забур'яненості, ступеня окультурення ґрунтів та інших чинників. Важливим напрямком підвищення врожайності насіння сої є використання біологічних препаратів, які агроекологічно безпечні та ефективні.

Постановка завдання. Метою досліджень було визначення впливу способів основного обробітку ґрунту та передпосівної бактеризації насіння на щільність складення та пористість оброблюваного шару ґрунту та урожайність насіння сої в умовах Лісостепу правобережного.

Матеріали та методика досліджень. Впродовж 2024–2025 рр. на дослідних ділянках НДГ с. Агрономічне Вінницького національного аграрного університету закладено дослід із визначення впливу основного обробітку ґрунту на врожайність та ефективність вирощування ранньостиглого сорту сої за такою схемою:

Фактор А. Система основного обробітку ґрунту: А1 – Полицевий обробіток (оранка, на глибину 23–25 см) – (контроль), ПН 5–35; А2 – Безполицевий обробіток ґрунту (дискування на глибину 12–14 см), БДТ–4,2; А3 – Безполицевий обробіток ґрунту (чизель–глибокорозпушувач, на глибину 20–22 см); АГР–1,7. Фактор В. Біопрепарат: В1 – Без обробки; В2 – Оптімиз Пульс + Фітодоктор, 3,0 л/т +1,5 кг/т.

Ґрунти дослідного поля сірі лісові, мають середнє забезпечення азотом, фосфором і калієм. Попередник – ячмінь ярий. Сорт сої Вільшанка. Сівбу насіння

здійснювали на глибину 3-4 см з шириною міжрядь 45 см. Норма висіву сої 550 тис/га схожих насінин.

Технологія вирощування сої в досліді однакова для даної ґрунтово-кліматичної зони. У дослідженнях використовували польові загальноприйняті та лабораторні методи досліджень [12].

Результати досліджень. Щільність ґрунту є важливим показником фізичних властивостей ґрунту який впливає не лише на ґрунтові режими, а і технологічні властивості та якість обробітку ґрунту, що у підсумку позначається на продуктивності сої.

Дослідженнями встановлено, що на величину показників щільності орного шару ґрунту способи і глибина обробітків мали істотний вплив. Спостереження за зміною щільності складення шару ґрунту 0-30 см свідчить про те, що цей показник в середньому за роки дослідження коливався в межах 1,24–1,44 г/см³. Найбільш розпушеним ґрунтом при сівбі виявився шар ґрунту у варіанті оранки на глибину 20–22 см під сою. У даному варіанті показник щільності складення у шарі ґрунту 0-10 см перед сівбою був на рівні 1,24 г/см³, у 10–20 см, становив 1,25 г/см³, відповідно на глибині 20–30 см – 1,28 г/см³. Застосування чизельного розпушування на глибину 20–22 см у системі безполцевого обробітку ґрунту призвело до зростання щільності складення на 0,01–0,02 г/см³ у порівнянні з полицевим обробітком. На періоди сівби і збирання сої найвищі показники щільності складання ґрунту відмічені за проведення дискування на глибину 12–14 см. Так, показники щільності складення у шарі ґрунту 0–10 см були на рівні 1,29–1,35 г/см³, у шарі ґрунту на глибині 20–30 см, становили 1,36–1,42 г/см³. За проведення обробки насіння сої біопрепаратами та обробітків ґрунту суттєвих відмінностей щільності складення ґрунту не виявлено (табл. 1).

Таблиця 1

Вплив способів обробітку ґрунту та біопрепаратів на щільність складення оброблюваного шару ґрунту за вирощування сої (середнє за 2024–2025 рр.), г/см³

Біопре-парат	Шар ґрунту, см	Обробіток ґрунту					
		Полицевий (оранка) на глибину 20–22 см		Безполцевий (дискування на глибину 12–14 см)		Безполцевий (чизель–глибокорозпушувач, на глибину 20–22 см)	
		I*	II	I*	II	I*	II
Без обробки (контроль)	0–10	1,24	1,27	1,29	1,35	1,26	1,34
	10–20	1,25	1,29	1,38	1,44	1,25	1,33
	20–30	1,28	1,32	1,36	1,42	1,29	1,35
Оптімайз Пульс + Фітодоктор	0–10	1,24	1,26	1,29	1,34	1,26	1,33
	10–20	1,25	1,28	1,38	1,43	1,25	1,32
	20–30	1,28	1,31	1,36	1,41	1,29	1,34

Примітка: I*– сівба, II – збирання

Слід відмітити, що щільність складення ґрунту підвищувалася за варіантами обробітку ґрунту від сівби до повної стиглості.

У прямій залежності від показників щільності складення перебуває і пористість. За роки досліджень вона коливалася у межах 46,3–55,3 %, водночас відзначається тенденція до її підвищення у варіантах полицевого обробітку на глибину 20–22 см.

У даному варіанті показник пористості оброблюваного шару ґрунту на період сівби становив 55,3 %, на період збирання сої 50,0–50,1 %. Найменші показники пористості відмічені на ділянках за проведення безполицевого обробітку (дискування на глибину 12–14 см). Так, показники пористості оброблюваного ґрунту на варіанті без обробки насіння біопрепаратами на період сівби були на рівні 49,7 %, на період збирання сої 46,5 %, за обробки насіння сої композицією бактеріальних препаратів Оптімайз Пульс + Фітодоктор зменшилась на 0,2 % (табл. 2).

У процесі вегетації рослин сої, фізичні властивості ґрунтів як через пряму дію шляхом механічної перепони, так і посередньо, змінюючи вміст і склад ґрунтового повітря можуть істотно впливати на водопроникність, запаси продуктивної вологи, розвиток кореневої системи і розвитку рослин сої в цілому.

Таблиця 2

Вплив способів обробітку ґрунту та біопрепаратів на щільність складення та пористість оброблюваного шару ґрунту за вирощування сої (середнє за 2024–2025 рр.), г/см³

Біопре-парат	Шар ґрунту, см	Обробіток ґрунту					
		Полицевий (оранка) на глибину 20–22 см		Безполицевий (дискування на глибину 12–14 см)		Безполицевий (чизель–глибокорозпушувач, на глибину 20–22 см)	
		dv, г/см ³	P заг, %	dv, г/см ³	P заг, %	dv, г/см ³	P заг, %
Без обробки (контроль)	I*	1,26	55,3	1,34	49,7	1,27	54,6
	II	1,29	50,1	1,40	46,5	1,34	49,7
Оптімайз Пульс + Фітодоктор	I*	1,26	55,3	1,34	49,7	1,27	54,6
	II	1,28	50,0	1,39	46,3	1,33	49,5

Примітка: I*– сівба, II – збирання

Отримані результати досліджень засвідчують суттєвий вплив способів обробітку ґрунту та обробки насіння біопрепаратами перед посівом на врожайність насіння сої. Спостереження за змінами врожайності сої під впливом обробітку ґрунту та бактеризації насіння показали, що даний показник значно залежав від елементів досліджуваних технологій вирощування. Щодо впливу способів обробітків ґрунту, то за полицевого обробітку ґрунту на глибину 20–22 см, приріст врожайності насіння за рахунок бактеризації насіння становила 0,31 т/га. Максимальну продуктивність культури може забезпечити безполицева система обробітку ґрунту (чизель–глибокорозпушувач, на глибину 20–22 см), в результаті чого врожайність насіння сої була на рівні 3,46–3,70 т/га, при чому найвища урожайність була відмічена у варіанті де додатково проводилась бактеризації насіння сої перед посівом біопрепаратами Оптімайз Пульс + Фітодоктор в нормі 3,0 л/т + 1,5 кг/т (табл. 3).

Це свідчить про те, що полицевий обробіток можна замінити більш продуктивним способом обробітку ґрунту під сою – безполицевим обробітком (чизель–глибокорозпушувач) на глибину 20–22 см і проведенням бактеризації насіння сої перед посівом.

Таблиця 3

**Вплив способів обробітку ґрунту та біопрепаратів на врожайність насіння сої
(середнє за 2024–2025 рр.)**

Біопрепарат	Обробіток ґрунту					
	Полицевий (оранка) на глибину 20–22 см		Безполицевий (дискування на глибину 12–14 см)		Безполицевий (чизель– глибокорозпушувач, на глибину 20–22 см)	
	т/га	+/- до контрол.	т/га	+/- до контрол.	т/га	+/- до контрол.
Без обробки (контроль)	3,21	-	2,98	-	3,46	-
Оптімайз Пульс + Фітодоктор	3,52	+ 0,31	3,18	+ 0,25	3,70	+ 0,24

Висновки. Проведені дослідження показали, що формування продуктивності сої визначається за умов обробітку ґрунту та використання бактеризації насіння.

На періоди сівби і збирання сої найвищі показники щільності складання ґрунту відмічені за проведення дискування на глибину 12–14 см. Так, показники щільності складання у шарі ґрунту 0–10 см були на рівні 1,29–1,35 г/см³, у шарі ґрунту на глибині 20–30 см, становили 1,36–1,42 г/см³.

За роки досліджень пористість ґрунту коливалась у межах 46,3–55,3 %, водночас відзначається тенденція до її підвищення у варіантах полицевого обробітку на глибину 20–22 см. У даному варіанті показник пористості оброблюваного шару ґрунту на період сівби становив 55,3 %, на період збирання сої 50,0–50,1%.

Максимальну продуктивність культури може забезпечити безполицева система обробітку ґрунту (чизель–глибокорозпушувач, на глибину 20–22 см), в результаті чого врожайність сої була на рівні 3,46–3,70 т/га, при чому найвища урожайність була відмічена у варіанті де додатково проводилась бактеризація насіння сої перед посівом біопрепаратами Оптімайз Пульс + Фітодоктор в нормі 3,0 л/т +1,5 кг/т.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Лемешик А. В., Новицька Н. В. Виживання рослин сої залежно від площі живлення на чорноземах типових. *Зернові культури*. 2023. Том 7. № 2. С. 307–313. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0291>
2. Gawęda, D., Nowak, A., Haliniarz, M., & Woźniak, A. (2020). Yield and economic effectiveness of soybean grown under different cropping systems. *International Journal of Plant Production*, 14, 475-485.
3. Глупак З. І. Дорогокупля О. О. Особливості розвитку залежно від строків сівби в умовах північно-східного лісостепу України. *Таврійський науковий вісник*. 2025. № 145. Част. 1. С. 76-82. DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.145.1.9>
4. Дрозда О. В. Сорт як важливий фактор технології вирощування сої. *Зрошуване землеробство*. 2024. Вип. 81. С. 19-23. DOI <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2024.81.3>
5. Шкатула Ю. М., Забарна Т. А., Черешнюк В. В. Динаміка кількості бульбочок залежно від інокуляції насіння сої та позакореневих підживлень. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2024. № 138. С. 229-235. DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.138.29>
6. Романський О., Костенко К., Громадська В. Вплив способів основного обробітку чорнозему на врожайність сільськогосподарських культур. *Зб. наук. пр. Ін-ту землеробства УААН*. 2005. Спец. вип. С. 158–160.

7. Новохацький М., Панченко Т. Зміна продуктивності сої залежно від впливу основного обробітку ґрунту та стимулюючих речовин. *Новітні технології в АПК: дослідження та управління*. 2024. Вип. 34 (48). С. 135–145. [https://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2024-1-34\(48\)-12](https://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2024-1-34(48)-12)
8. Основи землеробства : підручник / за ред. О.Ф. Смаглія. Житомир : Вид. ДАУ, 2008. 514 с.
9. FAO. (1993). Soil tillage in Africa: Needs and challenges. FAO Soils Bulletin No. 69. FAO.
10. Вожегова Р. А., Малярчук М. П., Котельников Д. І., Грибінюк К. С. Врожайність сої за різних систем основного обробітку ґрунту та удобрення в умовах зрошення. *Аграрні інновації*. 2021. № 7. С. 10–15. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.7.2>
11. Новохацький М., Степченко С. Продуктивність сої в умовах зміни клімату за різних систем основного обробітку ґрунту в Лісостепу України. *Новітні технології в АПК: дослідження та управління*. 2025. Вип. 35 (50). С. 133–144. [https://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2025-1-36\(50\)-11](https://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2025-1-36(50)-11)
12. Дослідна справа в агрономії: навч. посіб.: у 2 кн. Кн. 1. Теоретичні аспекти дослідної справи / Рожков А. О. та ін. ; за ред. А. О. Рожкова. Харків, 2016. 316 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 633.358:632.952:631.559(477.7)

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.3.23>

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ АГРОТЕХНІЧНИХ ПРИЙОМІВ НА ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ ГОРОХУ НА ПІВДНІ УКРАЇНИ

Юркевич Є.О. – д.с.-г.н., професор,
професор кафедри польових і овочевих культур,
Одеський державний аграрний університет
orcid.org/0000-0002-8868-5256

Дробіт О.С. – к.с.-г.н., ст. дослідник,
провідний науковий співробітник відділу первинного
та елітного насінництва,
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України;
доцент кафедри польових і овочевих культур,
Одеський державний аграрний університет
orcid.org/0000-0002-3633-5828

Валентюк Н.О. – к.с.-г.н., ст. дослідник,
с.н.с. відділу первинного та елітного насінництва,
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0003-4763-3019

У статті наведені результати польових досліджень за 2023–2025 рр. щодо встановлення впливу строків сівби та застосування препаратів фунгіцидної дії на формування насінневої продуктивності *Pisum sativum* L. в умовах півдня України. Ефективність вирощування гороху посівного у посушливих умовах регіону безпосередньо залежить від впровадження комплексних систем захисту. Сучасні технологічні стратегії базуються на синергії агротехнічних прийомів – таких як дотримання сівозмін та оптимальних строків сівби, а також застосування фунгіцидів. Такий інтегрований підхід дозволяє не лише мінімізувати інфекційне навантаження на агрофітоценоз, а й оптимізувати економічні витрати на хімізацію, забезпечуючи стабільне формування врожайності культури в умовах кліматичних ризиків. Дослідження спрямовані на розробку високоефективних схем захисту даної бобової культури шляхом інтеграції новітніх фунгіцидних композицій у технологічні цикли вирощування. Диференціація строків обробок залежно від фенологічних фаз *Pisum sativum* L. та агрокліматичного моніторингу дозволяє оптимізувати фітосанітарний стан посівів. Впровадження таких рішень гарантує високу біологічну ефективність контролю хвороб за одночасного зниження рівня екотоксикологічної напруги.

Встановлено, що оптимізація фітосанітарного стану посівів гороху шляхом фунгіцидного захисту є вагомим чинником підвищення його зернової продуктивності на 32,0–42,7%. Найвищу біологічну ефективність проти комплексу грибних хвороб забезпечило застосування фунгіциду трифлуксистробін + протіоконазол (0,5 л/га). Результати польових дослідів засвідчили, що формування врожайності культури визначалося синергічною дією всіх досліджуваних факторів, серед яких ключове значення мав строк сівби. Максимальний показник урожайності зерна (2,40 т/га) зафіксовано за сівби в III декаді березня, тоді як зміщення термінів у бік ранніх або пізніх призводило до зниження показників продуктивності. Максимальну середню врожайність насіння – 2,56 т/га отримано за сівби гороху в III декаду березня та використання препарату з діючою речовиною: трифлуксистробін + протіоконазол (0,5 л/га).

Ключові слова: кліматичні зміни, бобові культури, насіння, строк сівби, фунгіцид, врожайність.



© Юркевич Є.О., Дробіт О.С., Валентюк Н.О., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Yurkevych Ye.O., Drobit O.S., Valentiuk N.O. Research on the influence of agrotechnical methods on the formation of pea yield in Southern Ukraine

*The article presents the results of field research for 2023-2025 regarding the determination of the impact of sowing dates and the application of fungicidal agents on the formation of seed productivity of *Pisum sativum* L. under the conditions of Southern Ukraine. The efficiency of pea growing in the arid conditions of the region directly depends on the implementation of integrated protection systems. Modern technological strategies are based on the synergy of agrotechnical methods (such as crop rotation and optimal sowing dates) and the application of fungicides. Such an integrated approach allows not only for minimizing the infectious pressure on the agrophytocenosis but also for optimizing economic costs on chemical treatments, ensuring stable crop yield formation under climatic risks. The research is aimed at developing highly effective protection schemes for this legume crop by integrating the latest fungicidal compositions into technological cultivation cycles. Differentiation of treatment timings depending on the phenological phases of *Pisum sativum* L. and agro-climatic monitoring allows for optimizing the phytosanitary state of crops. The implementation of such solutions guarantees high biological efficiency in disease control while simultaneously reducing the level of ecotoxicological stress.*

It was established that optimizing the phytosanitary condition of pea crops by means of fungicidal protection is a significant factor in increasing its grain productivity per 32.0–42.7%. The highest biological efficiency against a complex of fungal diseases was provided by the use of the fungicide trifloxystrobin + prothioconazole (0.5 l/ha). The results of field experiments showed that the formation of crop yield was determined by the synergistic action of all the studied factors, among which the sowing date was of key importance. The maximum grain yield (2.40 t/ha) was recorded when sowing in the third decade of March, while shifting the dates towards early or late ones led to a decrease in productivity. The maximum average seed yield of 2.56 t/ha was obtained when sowing peas in the third decade of March and using the drug with the active ingredient: trifloxystrobin + prothioconazole (0.5 l/ha).

Keywords: climate change, legumes, seeds, sowing date, fungicide, yield.

Актуальність теми дослідження. Застосування фунгіцидів за вирощування гороху є важливим заходом для збереження врожайності, що запобігає втратам від хвороб (аскохітоз, іржа, борошниста роса). Оптимальним є внесення препаратів даної групи під час бутонізації та цвітіння, що дозволяє захистити фотосинтезуючу поверхню, забезпечуючи високу якість зерна та стабільну врожайність культури [1, с. 654; 2, с. 7].

Необхідність застосування фунгіцидів у технології вирощування гороху зумовлена високою вразливістю культури до комплексу збудників грибкових хвороб, що за відсутності належного захисту призводить до втрати від 20 до 50% потенційного врожаю. Оскільки горох вирізняється високою соковитістю тканин, він є сприятливим середовищем для розвитку аскохітозу, іржі та борошнистої роси, які руйнують асиміляційну поверхню рослин [3, с. 203; 4, с. 432; 5, с. 176].

Внесення фунгіцидів, особливо у критичні фази бутонізації та цвітіння, є стратегічно важливим заходом, що дозволяє зберегти фотосинтетичний потенціал листя та стебел, забезпечуючи безперебійний приплив пластичних речовин до бобів під час наливу зерна. Це не лише гарантує стабільну врожайність, а й суттєво підвищує якісні показники продукції, зокрема вміст білка та енергію проростання насіння [6, с. 93; 7, с. 31; 8, с. 61]. Таким чином, фунгіцидний захист виступає необхідною умовою реалізації генетичного потенціалу сучасних сортів та забезпечення економічної рентабельності агровиробництва в умовах високого інфекційного фону [9, с. 692; 10, с. 268].

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю перегляду традиційних підходів до визначення оптимальних строків сівби гороху посівного в умовах прогресуючої аридності клімату півдня України. Встановлення раціональних термінів експозиції насіння у ґрунт є фундаментальним агротехнічним заходом, що забезпечує максимально ефективне використання зимових запасів вологи та

синхронізацію критичних фаз органогенезу рослин із найбільш сприятливими гідротермічними показниками довкілля.

Постановка проблеми. Горох посівний в умах сьогодення є надзвичайно затребуваною бобовою сільськогосподарською культурою, популярність якої стабільно зростає завдяки високій харчовій цінності, економічній ефективності та важливості для сталого землеробства. Сучасні стратегії інтенсифікації рослинництва передбачають максимальну реалізацію генетичного потенціалу зернобобових культур, серед яких *Pisum sativum* L. посідає чільне місце як стратегічне джерело рослинного білка та цінний попередник у сівозміні. Однак стабільність виробництва цієї культури, особливо в умовах Степу України, лімітується низкою абіотичних та біотичних чинників. Серед останніх домінує значення має висока вразливість агрофітоценозів гороху до широкого спектра патогенних мікроорганізмів грибової етіології [11, с. 6; 12, с. 56; 13, с. 107].

Епіфітотійний розвиток таких захворювань, як аскохітоз, пероноспороз, борошниста роса та фузаріозна коренева гниль, становить серйозну загрозу для кількісних та якісних показників урожаю. За відсутності системного фітосанітарного моніторингу та вчасних заходів хімічного захисту, прямі втрати зерна можуть варіювати в межах 20–50%, що суттєво знижує рентабельність вирощування культури [14, с. 96; 15, с. 75].

Проблема посилюється динамічними змінами клімату Півдня України, які трансформують видовий склад патокомплексів та терміни їх прояву. Традиційні схеми захисту часто виявляються недостатньо ефективними або призводять до надмірного пестицидного навантаження. Це зумовлює гостру потребу в науковому обґрунтуванні інтегрованих систем контролю хвороб, які б базувалися на поєднанні адаптивних агротехнічних прийомів із прецизійним застосуванням фунгіцидів нового покоління. Оптимізація строків обробок у критичні фази органогенезу культури є ключовим інструментом мінімізації ризиків фітотоксичності та забезпечення екологічної безпеки агроландшафтів [6, с. 18; 16, с. 1315].

Одним із ключових агротехнічних важелів регулювання фітосанітарної стійкості агрофітоценозу гороху посівного є оптимізація строків сівби. У специфічних гідротермічних умовах півдня України правильний вибір терміну експозиції насіння у ґрунті визначає не лише темпи початкового росту та конкурентоспроможність культури, а й синхронізацію фаз її розвитку з періодами масового поширення інфекційних агентів [7, с. 32].

Невідповідність календарних строків сівби фактичним кліматичним реаліям регіону часто призводить до того, що критичні етапи органогенезу рослин збігаються з піками епіфітотійної активності грибових патогенів. Це зумовлює необхідність перегляду традиційних технологічних рішень та наукового обґрунтування адаптивних термінів посіву, які б мінімізували інфекційне навантаження на рослини та підвищували біологічну ефективність наступних фунгіцидних обробок [8, с. 60; 13, с. 105].

Методика досліджень. Метою дослідження було встановити вплив різних строків сівби та застосування фунгіцидів на формування насінневої продуктивності гороху посівного в умовах півдня України.

Використовували методи досліджень: польовий метод – для вивчення взаємодії посівів гороху з абіотичними та біотичними факторами середовища (строки сівби, дія фунгіцидів) в умовах відкритого ґрунту; візуальний та лабораторний методи – для проведення фітосанітарного моніторингу, визначення видового складу патогенів, динаміки їх поширення та інтенсивності розвитку хвороб на різних етапах

органогенезу; вимірювально-ваговий – для встановлення структури врожаю (кількість бобів, насінин у бобі, маса 1000 насінин) та фактичної насіннєвої продуктивності культури; порівняльно-розрахунковий – для оцінки біологічної та господарської ефективності застосованих фунгіцидних препаратів залежно від строків сівби; математично-статистичний (дисперсійний та кореляційно-регресійний аналіз) – для обробки експериментальних даних, встановлення вірогідності отриманих результатів та сили зв'язку між досліджуваними факторами з використанням програмного забезпечення Microsoft Excel [17, с. 45; 18, с. 124].

Дослідження проводили протягом 2023–2025 рр. на базі ТОВ «Айсберг», с. Гребеники, Роздільнянського району Одеської області. Ґрунтовий покрив представлений переважно чорноземами звичайними (середньо- та малогумусними), що є характерним для північної частини степової зони України. Клімат регіону – помірно континентальний, із рисами субтропічного. Характеризується спекотним, часто посушливим літом та м'якою, малосніжною зимою з нестійким сніговим покривом. Оподи нерівномірні, найчастіше у вигляді злив влітку. При закладанні польового досліду застосовували метод розщеплення ділянок, дотримуючись принципу рендомізації при розміщенні варіантів. Фактор А (строк сівби) – II декада березня, III декада березня та I декада квітня. Фактор В (обробка фунгіцидом) – контроль без обробки, трифлуксистробін + протіоконазол (0,5 л/га), флутріафол + карбендазим (0,6 л/га), ципроконазол + азоксистробін (0,5 л/га), азоксистробін (0,6 л/га).

Результати досліджень. Встановлюючи оптимальні строки сівби культури краще прив'язуватися не до календарних дат, а до агроекологічних умов конкретного року та вимог вибраної культури до умов зростання. У надранні та ранні терміни сівби вологі у ґрунті більше, але існує ризик отримання сходів із великим запізненням. До того ж рослини можуть отримати стрес через пізні заморозки. Посів у пізніші терміни може призвести до того, що насіння, потрапляючи в недостатньо вологий ґрунт, істотно втрачає польову схожість. Тому терміни сівби гороху слід вибирати індивідуально щодо конкретного поля, сорту, умов конкретної весни.

Протягом усього вегетаційного періоду культури впродовж 2023–2025 рр. проводили обстеження посівів та облік розвитку грибних захворювань: у фази сходів, бутонізації, цвітіння, утворення бобів та дозрівання. За період проведення досліджень на рослинах гороху з'являлися такі хвороби як аскохітоз, фузаріоз, пероноспороз, антракноз.

За перших ознак появи хвороб на посівах гороху провели обробку фунгіцидами, згідно зі схемою стаціонарного досвіду. Ефективність дії фунгіцидів визначали згідно з «Методикою випробування та застосування пестицидів» Інституту захисту рослин [19, с. 197]. Достовірність отриманих експериментальних даних підтверджує проведений дисперсійний аналіз (табл. 1).

Результати комплексного аналізу насіннєвої продуктивності гороху за 2023–2025 рр. свідчать про те, що рівень урожайності культури в умовах півдня України суттєво детермінований взаємодією строків сівби (фактор А) та систем фунгіцидного захисту (фактор В) (табл. 2). Згідно з отриманими даними, найбільш сприятливим періодом для закладання культури є III декада березня, за якої середня врожайність за фактором А становила 2,40 т/га, що перевищує показники за сівби в II декаді березня (2,32 т/га) та I декаді квітня (2,21 т/га). Оцінка впливу фунгіцидного захисту показала, що застосування всіх досліджуваних препаратів забезпечувало статистично достовірне підвищення врожайності порівняно з контрольним варіантом без обробки, де середня продуктивність становила лише 1,78 т/га.

Таблиця 1

**Ефективність дії препаратів фунгіцидної дії у посівах гороху, %
(середнє за 2023–2025 рр.)**

Обробка фунгіцидом	Ефективність дії фунгіцидів			
	аскохітоз	фузаріоз	пероноспороз	антракноз
трифлуксиксиробін + протіоконазол (0,5 л/га)	95,1	94,6	93,7	92,5
флутріафол + карбендазим (0,6 л/га)	93,5	92,9	92,8	91,2
ципроконазол + азоксиксиробін (0,5 л/га)	92,3	91,6	89,2	89,7
азоксиксиробін (0,6 л/га)	92,8	91,8	89,9	90,2

Найвищу ефективність серед фунгіцидів за фактором В продемонструвала комбінація трифлуксиксиробін + протіоконазол (0,5 л/га), застосування якої дозволило отримати середню врожайність на рівні 2,54 т/га, що забезпечило приріст продуктивності на 42,7% відносно контролю.

Таблиця 2

**Насіннєва продуктивність гороху залежно від строків сівби
та застосування фунгіцидів, т/га (середнє за 2023–2025 рр.)**

Фактор А, строк сівби	Фактор В, обробка фунгіцидом	Урожайність, т/га		
		середнє за 2023-2025 рр.	за фактором А	за фактором В
II декада березня	контроль (без обробки)	1,78	2,32	1,78
	трифлуксиксиробін + протіоконазол (0,5 л/га)	2,56		2,54
	флутріафол + карбендазим (0,6 л/га)	2,51		2,49
	ципроконазол + азоксиксиробін (0,5 л/га)	2,35		2,35
	азоксиксиробін (0,6 л/га)	2,42		2,41
III декада березня	контроль (без обробки)	1,89	2,40	
	трифлуксиксиробін + протіоконазол (0,5 л/га)	2,64		
	флутріафол + карбендазим (0,6 л/га)	2,57		
	ципроконазол + азоксиксиробін (0,5 л/га)	2,43		
	азоксиксиробін (0,6 л/га)	2,49		

Продовження таблиці 2

Фактор А, строк сівби	Фактор В, обробка фунгіцидом	Урожайність, т/га		
		середнє за 2023-2025 рр.	за фактором А	за фактором В
І декада квітня	контроль (без обробки)	1,68	2,21	
	трифлуксистробін + протіоконазол (0,5 л/га)	2,43		
	флутріафол + карбендазим (0,6 л/га)	2,39		
	ципроконазол + азоксистробін (0,5 л/га)	2,26		
	азоксистробін (0,6 л/га)	2,31		
Оцінка істотності часткових відмінностей				
НІР ₀₅ , т/га: А = 0,03; В = 0,06				
Оцнка істотності середніх (головних) ефектів				
НІР ₀₅ , т/га: А = 0,04; В = 0,09				

Високу стабільність також виявила суміш флутріафол + карбендазим (0,6 л/га) із показником 2,49 т/га. Використання азоксистробіну в чистому вигляді та в суміші з ципроконазолом забезпечило врожайність на рівні 2,41 т/га та 2,35 т/га відповідно.

Максимальний абсолютний показник насінневої продуктивності в досліді зафіксовано за поєднання сівби в III декаді березня з обробкою посівів фунгіцидом на основі трифлуксистробіну та протіоконазолу – 2,64 т/га зерна. Водночас найнижча врожайність спостерігалася на контролі за пізнього строку сівби в I декаді квітня і становила 1,68 т/га. Отримані результати підтверджені розрахунками найменшої істотної різниці (НІР₀₅), що вказує на високу достовірність виявлених закономірностей впливу агротехнічних та хімічних чинників на формування врожаю гороху.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Протягом усього періоду досліджень підтверджено синергічну дію факторів інтенсифікації. Для отримання максимальної продуктивності гороху в регіоні рекомендовано поєднувати сівбу в III декаді березня з інтегрованим захистом, де пріоритет слід надавати фунгіцидам з комбінованим вмістом стробілуринів та триазолів (зокрема системі трифлуксистробін + протіоконазол).

Встановлено, що впровадження науково обґрунтованих і раціонально підібраних агротехнічних прийомів істотно впливає на фізіолого-біологічні процеси рослин нуту, зокрема сприяє підвищенню рівня фотосинтетичної активності та реалізації продуктивного потенціалу культури. Ефективний контроль сегетальної рослинності створює оптимальні умови для росту й розвитку рослин, покращує перебіг фотосинтетичних процесів і, як наслідок, забезпечує формування більш високої насінневої продуктивності.

Результати проведених польових дослідів показують, що фунгіцидний захист посівів гороху в умовах півдня України оптимізує фітосанітарний стан посівів, що

сприятиме отриманню високого врожаю зерна культури. На формування продуктивності культури впливали всі чинники досвіду.

Застосування фунгіцидів сприяло підвищенню зернової продуктивності культури в середньому на 32,0–42,7%. Якщо розглядати вплив факторів досвіду на врожайність зерна гороху, слід зазначити, що оптимальним терміном сівби гороху є III декада березня, коли була отримана найбільша середня врожайність гороху – 2,40 т/га, більш ранній та пізній термін призводили до зниження даного показника.

Серед препаратів з фунгіцидною дією, отримання максимальної середньої врожайності – 2,56 т/га сприяло використанню препарату з діючою речовиною: трифлуксистробін + протіоконазол нормою 0,5 л/га, що дозволяє рекомендувати його при вирощуванні цієї бобової культури.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Arregui M. C., Scotta R., Sánchez D. Improved weed control with broadleaved herbicides in glyphosate-tolerant soybean (*Glycine max*). *Crop Protection*. 2006. Vol. 25, Iss. 7. P. 653–656. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2005.09.006>
2. Влащук А.М., Дробіт О.С., Місевич О.В., Конащук О.П., Кляуз М.А. Продуктивність нуту залежно від елементів технології в умовах півдня України. *Аграрні інновації*. 2021. № 7. С. 5–9. <http://agrarian-innovations.izpr.ks.ua/index.php/agrarian/article/view/137/113>
3. Janghel D. K., Kumar K., Sunil R., Chhabra A. K. Genetic diversity analysis, characterization and evaluation of elite chickpea (*Cicer arietinum L.*) genotypes. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2020. Vol. 9, No. 1. P. 199–209. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2020.901.023>
4. Bennett A. C., Shaw D. R. Effect of Glycine max cultivars and weed control on weed seed characteristics. *Weed Science*. 2000. Vol. 48, Iss. 4. P. 431–435. [https://doi.org/10.1614/0043-1745\(2000\)048\[0431:EOGMCA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0043-1745(2000)048[0431:EOGMCA]2.0.CO;2)
5. Raisa Vozhehova, Sergii Kokovikhin, Oleksandr Misievych, Anatolii Vlashchuk, Mykola Pryshchepo, Liudmyla Shapar, Pavlo Lykhovyd, Olesya Drobіt, 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>
6. Мазур, В. А., Ткачук, О. П., Дідур, І. М., Панцирева, Г. В. Обливісті технології вирощування малопоширених зернобобових культур: монографія. Вінниця: Твори, 2021. 172 с.
7. Zhao, X, Sun, L, Zhang, X, Wang, M, Liu, H, and Zhu, Y. Nutritional components, volatile constituents and antioxidant activities of 6 chickpea species. *Food Biosci*. 2021. 41, 100964. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.100964>
8. Влащук А. М., Дробіт О. С., Шапарь Л. В., Коблай О. О., Шапля О. С. Сучасні тенденції вирощування бобових кормових культур на півдні України за умов зміни клімату. *Вісник Аграрної науки*. Київ, 2024. № 4 (853). С. 60–67. https://agrovisnyk.com/pdf/ua_2024_04_09.pdf
9. Charudattan R., Dinoor A. Biological control of weeds using plant pathogens: accomplishments and limitations. *Crop Protection*. 2000. Vol. 19, Iss. 8–10. P. 691–695. [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(00\)00092-2](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(00)00092-2)
10. Гирка А. Д., Ткаліч І. Д., Сидоренко Ю. Я., Бочевар О. В., Ільєнко О. В. Особливості формування зернової продуктивності рослин різних сортів гороху в умовах Північного Степу України. Зернові культури. 2018. Том 2. № 2. С. 267–273. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0035>
11. Вожегова Р.А., Пілярська О.О., Марченко Т.Ю., Влащук А.М., Дробіт О.С., Пілярський В.Г. Водоспоживання та урожайність посівів нуту залежно від застосування гербіцидів в умовах південного степу України. *Зрошуване землеробство*. 2024. Вип. 81. С. 5–11. <http://izpr.ks.ua/archive/2024/81/3.pdf>

12. Deytieux V., Nemecek T., Knuchel R. F. et al. Is the weed management efficient for reducing environmental impacts of crop systems? A case study based on life cycle assessment. *European Journal of Agronomy*. 2012. Vol. 36, Iss. 1. P. 55–65. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2011.08.004>
13. Rafique M., Naveed M., Mustafa A., Akhtar S., Munawar M., Kaukab S., Ali H.M., Siddiqui M.H., Salem M.Z.M. The Combined Effects of Gibberellic Acid and Rhizobium on Growth, Yield and Nutritional Status in Chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Agronomy*. 2021. 11. 105–120. <https://doi.org/10.3390/agronomy11010105>
14. Lack of efficacy of transgenic pea (*Pisum sativum* L.) stably expressing antifungal genes against *Fusarium* spp. in three years of confined field trials / J. Kahlon et al. *GM Crops & Food*. 2018. Vol. 9, № 2. P. 90–108. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29590003/>
15. Вожегова Р.А., Влащук А.М., Дробіт О.С., Боровик В.О., Влащук О.А. Насіння продуктивність нуту на незрошуваних землях півдня України. *Вісник аграрної науки*. 2023. № 12 (849). С. 75–81. https://agrovisnyk.com/pdf/ua_2023_12_10.pdf
16. Philip A Thacker, Shiyan Qiao, Vernon J Racz. A comparison of the nutrient digestibility of Desi and Kabuli chickpeas fed to swine. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2002. 82 (11). P. 1312–1318 <https://doi.org/10.1002/jsfa.1174>
17. Методика польового дослід (зрошуване землеробство) / Ушкаренко В. О., Вожегова Р. А., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Херсон: Грінь Д.С., 2014. 448 с.
18. Ушкаренко В. О., Вожегова Р. А., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Статистичний аналіз результатів польових дослідів у землеробстві. Херсон : «Айлант», 2013. 381 с.
19. Методика випробування та застосування пестицидів. Трибель С. О., Сігарьова Д. Д., Секун М. П. та ін. Київ : Світ, 2001. 448 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 633.34:631.51:631.847

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.3.24>

ФОРМУВАННЯ НОДУЛЯЦІЙНОГО АПАРАТУ ТА АЗОТФІКСУВАЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ СОЇ ЗА РІЗНОЇ ІНТЕНСИВНОСТІ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

Яценко В.В. – д.с.-г.н.,

доцент кафедри рослинництва,

Уманський національний університет

orcid.org/0000-0003-2989-0564**Горбенко В.С.** – здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти

(доктор філософії) кафедри рослинництва,

Уманський національний університет

orcid.org/0009-0006-2434-7094

У статті висвітлено результати дослідження впливу різних систем обробітку ґрунту на розвиток нодуляційного апарату та азотфіксувальну здатність середньостиглих сортів сої (*Glycine max* (L.) Merr.) в умовах Лісостепу України. Польовий експеримент у 2024–2025 рр. було закладено за схемою split-plot у чотирикратній повторності на чорноземі опідзоленому важкосуглинкового гранулометричного складу. Досліджували три системи обробітку ґрунту: традиційну (оранка), мінімізовану (mini-till) та стрічкову (strip-till), а також два сорти сої – ЕС Ментор і Паллада. Встановлено, що традиційна система обробітку забезпечувала найвищі показники кількості та маси бульбочок, вмісту легоглобіну й обсягу фіксованого азоту. Сорт ЕС Ментор формував більшу кількість активних бульбочок (36,4 шт./рослину) та характеризувався вищим рівнем біологічної азотфіксації (111,8 кг/га) порівняно із сортом Паллада (26,83 шт./рослину та 87,0 кг/га відповідно). Перехід до системи mini-till супроводжувався зниженням інтенсивності нодуляції та фіксації азоту на 7–9 %, що пов'язано з погіршенням аерації й ущільненням ґрунту. За strip-till негативний ефект був менш вираженим: показники симбіотичного потенціалу та вмісту легоглобіну знижувалися незначною мірою, що свідчить про кращі умови розвитку кореневої системи в зоні рядка. Коефіцієнт варіації кількості бульбочок становив 17–18 %, тоді як маса бульбочок і симбіотичний потенціал характеризувалися нижчою мінливістю (7–9 % і 2–3 % відповідно), що підтверджує їх відносну стабільність. Загалом сорт ЕС Ментор продемонстрував вищу пластичність і продуктивність симбіотичної системи за різних технологій обробітку ґрунту. Отримані результати обґрунтовують доцільність застосування strip-till як адаптивної ресурсозберігаючої альтернативи традиційній оранці з мінімальними втратами азотфіксувального потенціалу сої.

Ключові слова: *Glycine max*, mini-till, strip-till.

Yatsenko V. V., Horbenko V. S. Formation of the nodulation apparatus and nitrogen-fixing capacity of soybean under different tillage intensities

The article presents the results of a study on the influence of different tillage systems on the development of the nodulation apparatus and nitrogen-fixing capacity of mid-maturing soybean varieties (*Glycine max* (L.) Merr.) under the conditions of the Forest-Steppe zone of Ukraine. A field experiment was conducted in 2024–2025 using a split-plot design with four replications on podzolized chernozem with a heavy loam texture. Three tillage systems were investigated: conventional (plowing), minimum tillage (mini-till), and strip-till, along with two soybean varieties – ES Mentor and Pallada. It was established that the conventional tillage system provided the highest values for the number and weight of nodules, leghemoglobin content, and the amount of fixed nitrogen. The ES Mentor variety formed a greater number of active nodules (36.4 per plant) and demonstrated a higher level of biological nitrogen fixation (111.8



© Яценко В.В., Горбенко В.С., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

kg/ha) compared to the Pallada variety (26.83 per plant and 87.0 kg/ha, respectively). Transition to the mini-till system resulted in a 7–9% decrease in nodulation intensity and nitrogen fixation, which was associated with reduced soil aeration and compaction. Under strip-till, the negative effect was less pronounced: the indicators of symbiotic potential and leghemoglobin content decreased only slightly, indicating improved conditions for root system development within the tilled row zone. The coefficient of variation for the number of nodules was 17–18%, while nodule weight and symbiotic potential exhibited lower variability (7–9% and 2–3%, respectively), confirming their relative stability. Overall, the ES Mentor variety demonstrated greater plasticity and productivity of the symbiotic system under different tillage technologies. The obtained results substantiate the feasibility of applying strip-till as an adaptive resource-saving alternative to conventional plowing with minimal losses in the nitrogen-fixing potential of soybean.

Key words: *Glycine max*, mini-till, strip-till.

Постановка проблеми. Соя (*Glycine max* (L.) Merr.) є зернобобовою культурою та найбільшим у світі джерелом рослинного білка. У зв'язку зі зростанням чисельності населення планети та підвищенням попиту на соєві корми для тварин у світових масштабах відбувається розширення посівних площ сої [1, 2]. Соя є однією з найбільш рекомендованих культур у сівозмінах завдяки її позитивному впливу на родючість ґрунту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Перехід до альтернативних систем обробітку ґрунту може позитивно впливати на біологічні, фізичні та хімічні властивості ґрунту, що, у свою чергу, сприяє підвищенню продуктивності сільськогосподарських культур. Поряд із технологічними прийомами, вирішальну роль у формуванні вмісту органічної речовини ґрунту, його структури та родючості відіграють кліматичні, ґрунтові й екологічні умови [3]. Водночас широкий діапазон показників секвестрації вуглецю свідчить про високу залежність цих процесів від конкретних ґрунтово-кліматичних умов і тривалості періоду після зміни системи землеробства [4]. У зв'язку з цим у перші роки переходу до ґрунтозахисних і нульових систем обробітку часто спостерігається зниження врожайності [5].

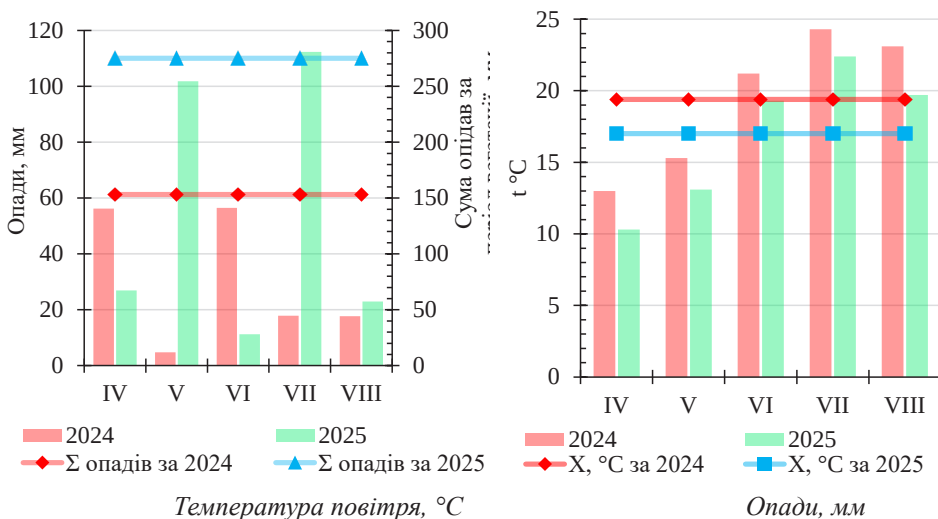
У країнах Європи ґрунтозахисне землеробство та нульовий обробіток ґрунту поширені значно менше, ніж в інших регіонах світу, і більшість посівів сої тут вирощується за традиційної оранки [6].

Окрім впливу системи обробітку ґрунту на продуктивність сої, істотні відмінності спостерігаються також у складі та динаміці ґрунтової мікробіоти, що безпосередньо впливає на процеси біологічної фіксації азоту [7]. Кількість фіксованого азоту може визначатися різними методами, однак морфологічні та кількісні показники бульбочок часто використовуються як індикатор азотфіксувальної здатності [8, 9]. Повідомляється, що як система, так і глибина обробітку ґрунту впливають на кількість бульбочок, сформованих рослинами сої [10, 11]. Разом із тим у наукових джерелах наведено суперечливі дані: в одних дослідженнях зафіксовано збільшення нодуляції за нульового обробітку з прямою сівою, тоді як в інших – вищу інтенсивність утворення бульбочок за традиційної системи обробітку ґрунту [12, 13].

Мета дослідження. Незважаючи на значну кількість робіт, присвячених впливу систем обробітку ґрунту на ріст і розвиток сої, лише незначна частина з них проведена в умовах клімату Європи, де посівні площі сої стрімко зростають. У зв'язку з цим метою нашого дослідження було визначення впливу різних систем обробітку ґрунту (традиційна – оранка, mini-till і strip-till) на розвиток нодуляційного апарату та азотфіксувальну здатність сортів сої.

Постановка завдання. Польовий експеримент було проведено у 2024–2025 роках на базі навчально-виробничого відділу Уманського національного університету (Умань, Україна). Дослідна ділянка розташована в зоні помірно-континентального клімату.

Польовий експеримент закладено за схемою split-plot у чотирикратній повторності на чорноземі опідзоленому важкосуглинкового гранулометричного складу. першим фактором (фактор А) була система обробітку ґрунту: А – традиційна система; В – мінімізований обробіток (поверхневий, mini-till); С – стрічковий обробіток (strip-till). Другим фактором (фактор В) виступали середньостиглі сорти сої – ЕС Ментор та Паллада.



Температура повітря, °C
Рис. 1. Кліматичні умови періоду вегетації рослин сої
(за даними метеостанцій «Умань»)

Попередником у 2024–2025 рр. було тритікале озиме. Сівбу проводили в оптимальні для зони строки – з 28 квітня по 5 травня. Норма висіву становила 450 тис. схожих насінин на гектар. Технологія вирощування культури відповідала типовим рекомендаціям для умов Лісостепу України. Площа облікової ділянки становила 20 м², площа ділянки збирання – 15 м².

За традиційної та мінімізованої систем обробітку (варіанти А і В) сівбу здійснювали сівалкою Köckerling Ultima (Deutz-Fahr). За технології strip-till (варіант С) висів проводили безпосередньо в стерню із застосуванням сівалки MZURI (VALTRA).

Кількість і масу бульбочок на коренях рослин, а також вміст леггемоглобіну (леггемоглобіну) визначали за загальноприйнятою методикою. Обсяг біологічно фіксованого азоту встановлювали відповідно до методичних підходів Unkovich et al. [14].

Для оцінювання симбіотичної продуктивності використовували показники загального та активного симбіотичного потенціалу (АСП),

Статистичну обробку результатів здійснювали шляхом обчислення середнього арифметичного ($\bar{x}$) та стандартного відхилення (SD) із використанням програмного забезпечення Microsoft Excel 2019 StatPlus.

Виклад основного матеріалу дослідження. На підставі експериментальних даних 2024–2025 рр. встановлено, що розвиток нодуляційного апарату сої помітно варіював залежно як від сортових особливостей, так і від системи обробітку ґрунту, що підтверджується показниками середніх значень, стандартного відхилення та коефіцієнта варіації.

Зокрема, за традиційної системи обробітку сорт ЕС Ментор формував у середньому 45,5 бульбочок на рослину, з яких 36,4 були активними, тоді як у сорту Паллада ці показники становили відповідно 32,5 та 26,83 шт., що свідчить про вищу інтенсивність симбіотичних процесів у першого сорту. Водночас маса активних бульбочок у сорту Паллада (0,61 г) була дещо більшою порівняно з ЕС Ментор (0,55 г), що вказує на компенсаторний механізм реалізації симбіозу через укрупнення окремих функціонально активних утворень.

Перехід до ресурсозберігаючих систем обробітку ґрунту (mini-till і strip-till) супроводжувався загальною тенденцією до зниження кількості та маси бульбочок, однак ступінь цієї редукції був сортоспецифічним. Так, за mini-till у сорту ЕС Ментор кількість загальних бульбочок зменшилася до 38,0 шт., а активних – до 30,98 шт., тоді як у сорту Паллада відповідні значення становили лише 27,5 і 22,59 шт., що корелювало зі зниженням загального симбіотичного потенціалу до 202–210 тис. кг×діб/га. Разом з тим, застосування strip-till частково нівелювало негативний вплив мінімалізації обробітку, забезпечивши формування 44,0 бульбочок у сорту ЕС Ментор і 31,5 – у сорту Паллада, а також підвищення активного симбіотичного потенціалу до 173,5–179,0 тис. кг×діб/га, що свідчить про кращі аераційні та термічні умови ґрунту в зоні рядка (табл. 1).

Таблиця 1

**Розвиток нодуляційного апарату та симбіотичний потенціал сортів сої
за різних систем обробітку ґрунту, 2024–2025**

Система обробітку	Сорт	Кількість бульбочок, шт		Маса бульбочок, г		Симбіотичний Потенціал, тис.кг×діб/га	
		загальна	активних	загальна	активних	загальний	активний
Традиційна	ЕС Ментор	45,5	36,40	0,69	0,55	223	177,50
	Паллада	32,5	26,83	0,74	0,61	215	182,50
Mini-till	ЕС Ментор	38,0	30,98	0,59	0,48	210	170,00
	Паллада	27,5	22,59	0,63	0,52	202	175,00
Strip-till	ЕС Ментор	44,0	37,18	0,67	0,57	219	173,50
	Паллада	31,5	27,46	0,71	0,62	212	179,00
$\bar{X}$		36,50	30,24	0,67	0,56	213,17	176,25
SD		6,60	5,24	0,05	0,05	6,71	4,01
CV, %		18	17	7	9	3	2

Результати статистичної обробки даних підтверджують середній рівень варіабельності кількісних показників нодуляції (CV = 17–18 %), тоді як маса бульбочок характеризувалася відносно низькою мінливістю (CV = 7–9 %), що вказує на генетично детерміновану стабільність цього показника незалежно від системи

обробітку ґрунту. Найменша варіація була притаманна симбіотичному потенціалу ($CV = 2-3\%$), що дозволяє розглядати його як інтегральний і надійний критерій оцінки ефективності симбіозу сої з ризобіями. Загалом отримані результати свідчать, що сорт ЕС Ментор характеризується вищою пластичністю нодуляційного апарату та кращою адаптацією до різних систем обробітку ґрунту, тоді як сорт Паллада реалізує симбіотичний потенціал переважно за умов оптимізованої структури орного шару.

Узагальнення експериментальних даних свідчить, що формування та функціональна активність нодуляційного апарату сої є результатом складної взаємодії генотипових особливостей сорту та агрофізичних умов, зумовлених системою обробітку ґрунту (рис. 2).

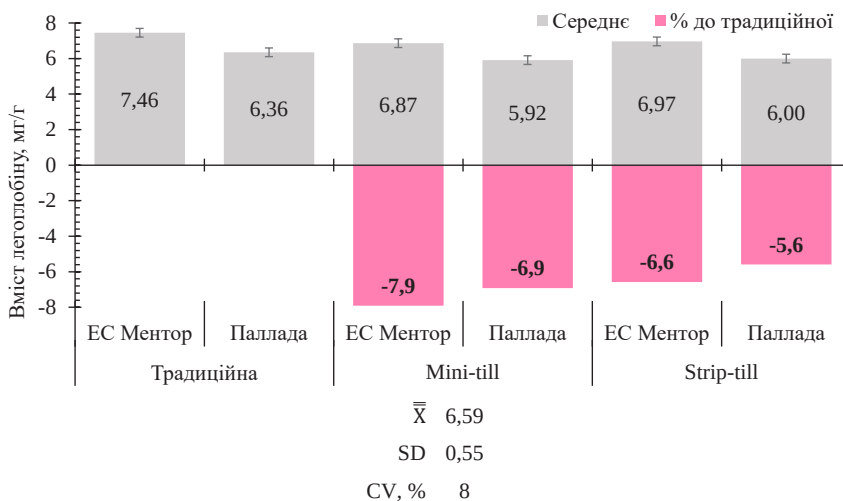


Рис. 2. Уміст леґоглобіну в бульбочках сої за різних систем обробітку ґрунту, 2024–2025

Отримані результати вмісту леґоглобіну свідчать, що за традиційної системи обробітку ґрунту формувалися найвищі значення вмісту леґоглобіну в бульбочках обох досліджуваних сортів, що вказує на оптимальні умови аерації орного шару, мінерального живлення та розвитку симбіотичного апарату. Так, у сорту ЕС Ментор вміст леґоглобіну становив 7,46 мг/г, тоді як у сорту Паллада цей показник був нижчим і дорівнював 6,36 мг/г, що може свідчити про генетично зумовлені відмінності у потенціалі симбіотичної азотфіксації та інтенсивності функціонування бульбочкових бактерій.

Перехід до ґрунтозахисних систем обробітку, зокрема mini-till та strip-till, супроводжувався зниженням вмісту леґоглобіну в бульбочках сої незалежно від сорту, однак ступінь цього зниження був неоднаковим.

За умов mini-till у сорту ЕС Ментор вміст леґоглобіну зменшувався до 6,87 мг/г, що відповідало зниженню на 7,9 % порівняно з традиційною системою, тоді як у сорту Паллада він становив 5,92 мг/г, або на 6,9 % менше контрольного варіанта. Це може бути пов'язано з певним ущільненням ґрунту в прикореневій зоні та обмеженням дифузії кисню, що безпосередньо впливає на біосинтез леґоглобіну як ключового регулятора кисневого режиму в бульбочках.

За системи strip-till зниження показника було менш вираженим порівняно з mini-till, що свідчить про більш сприятливе поєднання локального розпушування ґрунту в рядку та збереження структури міжрядь. Зокрема, у сорту ЕС Ментор вміст легоглобіну становив 6,97 мг/г, що на 6,6 % менше традиційної системи, тоді як у сорту Паллада – 6,00 мг/г із відхиленням на рівні –5,6 %. Така реакція вказує на те, що strip-till забезпечує кращі умови для формування функціонально активних бульбочок порівняно з mini-till, особливо для сортів із вищим потенціалом симбіотичної активності.

У цілому аналіз підтверджує, що система обробітку ґрунту є суттєвим агротехнічним фактором, який модифікує фізико-біологічні умови ґрунтового середовища та, відповідно, інтенсивність накопичення легоглобіну в бульбочках сої, при цьому сортові особливості визначають амплітуду реакції рослин на зміну технології обробітку.

Встановлено, що традиційна система обробітку ґрунту забезпечувала найвищі показники симбіотичної азотфіксації в обох досліджуваних сортів, що зумовлено формуванням оптимального агрофізичного стану орного шару, сприятливого водно-повітряного режиму та інтенсивного розвитку бульбочкових бактерій. Зокрема, у сорту ЕС Ментор обсяг фіксованого азоту становив 111,8 кг/га, тоді як у сорту Паллада цей показник був істотно нижчим – 87,0 кг/га, що свідчить про вищу симбіотичну ефективність та потенціал біологічної азотфіксації у першого сорту (рис. 3).

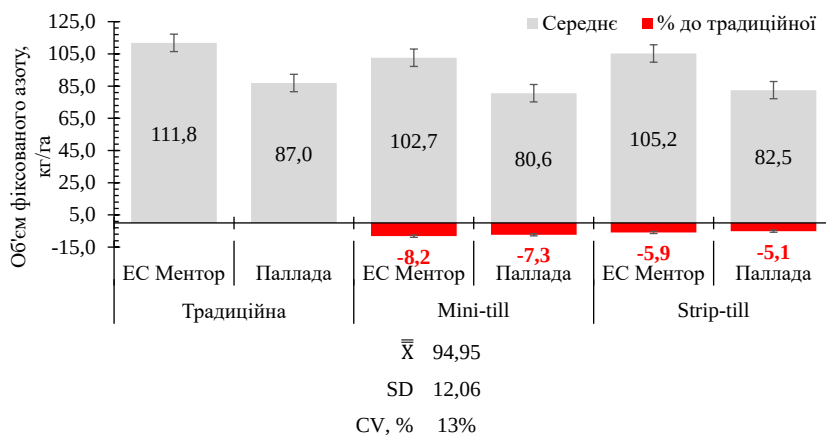


Рис. 3. Об'єм фіксованого азоту рослинами сої за різних систем обробітку ґрунту, 2024–2025

Застосування системи mini-till супроводжувалося помітним зниженням обсягу фіксованого азоту в обох сортів, причому інтенсивність зменшення була дещо більшою у сорту ЕС Ментор. Так, за умов мінімального обробітку ґрунту обсяг фіксованого азоту у цього сорту зменшувався до 102,7 кг/га, що на 8,2 % або на 9,2 кг/га менше порівняно з традиційною системою, тоді як у сорту Паллада він становив 80,6 кг/га, що відповідало зниженню на 7,3 % або на 6,4 кг/га. Така тенденція може бути зумовлена частковим ущільненням ґрунту, зниженням інтенсивності мінералізаційних процесів та обмеженням аерації кореневмісного шару, що негативно впливає на активність ризобіальної симбіотичної системи.

За системи strip-till негативний вплив на процеси біологічної азотфіксації був менш вираженим порівняно з mini-till, що свідчить про кращі умови локального розвитку кореневої системи та бульбочок у зоні обробленого рядка. У сорту ЕС Ментор обсяг фіксованого азоту за цієї системи становив 105,2 кг/га, що на 5,9 % або на 6,6 кг/га менше традиційного варіанта, тоді як у сорту Паллада – 82,5 кг/га із зниженням на 5,1 % або на 4,5 кг/га. Відносно менші втрати азотфіксувальної здатності за strip-till вказують на те, що поєднання локального розпушування з мінімальним втручанням у міжряддях забезпечує більш стабільне функціонування симбіотичного апарату сої.

Загалом аналіз показує, що сорт ЕС Ментор характеризувався вищим абсолютним рівнем фіксації атмосферного азоту за всіх систем обробітку ґрунту, однак водночас демонстрував дещо більшу чутливість до зниження інтенсивності обробітку, тоді як сорт Паллада мав нижчий потенціал азотфіксації, але відзначався відносно стабільнішою реакцією на зміну технології.

Висновки і пропозиції. Встановлено, що традиційна система обробітку забезпечує найсприятливіші умови для ініціації та розвитку бульбочок, що проявляється у максимальних значеннях їх кількості, маси та симбіотичного потенціалу, тоді як мінімалізація обробітку (mini-till) супроводжується статистично значущим зниженням інтенсивності нодуляції, зумовленим ущільненням ґрунту, обмеженням аерації та локальним дефіцитом вологи в ризосфері.

Разом із тим доведено, що система strip-till, поєднуючи елементи мінімального втручання з локальним розпушенням у зоні рядка, створює компромісні умови, за яких показники активної нодуляції та симбіотичного потенціалу наближаються до традиційного обробітку, що підтверджує її агроекологічну доцільність для вирощування сої.

Традиційна система обробітку ґрунту створює найсприятливіші умови для реалізації потенціалу симбіотичної азотфіксації сої, забезпечуючи максимальний обсяг фіксованого азоту, тоді як системи mini-till і strip-till призводять до помірного зниження цього показника; при цьому strip-till є більш адаптивною альтернативою мінімальному обробітку, оскільки дозволяє зменшити негативний вплив на азотфіксувальну здатність рослин, особливо у високопродуктивних сортів, таких як ЕС Ментор, що має важливе значення для оптимізації ресурсозберігаючих технологій вирощування сої.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Bertheau Y. Davison J. Soybean in the European Union, status and perspective. In: *Recent Trends for Enhancing the Diversity and Quality of Soybean Products* / Ed. D. Krezhova. London: IntechOpen Access, 2011. P. 3–47. URL: <https://www.intechopen.com/books/recent-trends-for-enhancing-the-diversity-and-quality-of-soybean-products/soybean-in-the-european-union-status-and-perspective> (accessed: 01.02.2026).
2. Gawęda D. Nowak A. Haliniarz M. Woźniak A. Yield and economic effectiveness of soybean grown under different cropping systems. *International Journal of Plant Production*. 2020. Vol. 14. P. 475–485. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42106-020-00098-1>.
3. Page K. L. Dang Y. P. Dalal R. C. The ability of conservation agriculture to conserve soil organic carbon and the subsequent impact on soil physical, chemical, and biological properties and yield. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2020. Vol. 4. P. 1–14. DOI: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00031>.

4. Sánchez E. J. G. Ordóñez-Fernández R. Carbonell-Bojollo R. Veróz-González O. Gil-Ribes J. A. Meta-analysis on atmospheric carbon capture in Spain through the use of conservation agriculture. *Soil and Tillage Research*. 2012. Vol. 122. P. 52–60. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2012.03.001>.
5. Brouder S. Gomez-Macpherson H. The impact of conservation agriculture on smallholder agricultural yields: A scoping review of the evidence. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2014. Vol. 187. P. 11–32. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.08.010>.
6. Kertész Á. Madarász B. Conservation agriculture in Europe. *International Soil and Water Conservation Research*. 2014. Vol. 2. P. 91–96. DOI: [https://doi.org/10.1016/S2095-6339\(15\)30016-2](https://doi.org/10.1016/S2095-6339(15)30016-2).
7. Ferreira M. C. Andrade D. D. S. Chueire L. M. D. O. Takemura S. M. Hungria M. Tillage method and crop rotation effects on the population sizes and diversity of bradyrhizobia nodulating soybean. *Soil Biology & Biochemistry*. 2000. Vol. 32. P. 627–637. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(99\)00189-3](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(99)00189-3).
8. Hardarson G. Danso S. K. A. Methods for measuring biological nitrogen fixation in grain legumes. *Plant and Soil*. 1993. Vol. 152. P. 19–23. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00016330>.
9. Tajima R. Lee O. N. Abe J. Lux A. Morita S. Nitrogen-fixing activity of root nodules in relation to their size in peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Plant Production Science*. 2007. Vol. 10. P. 423–429. DOI: <https://doi.org/10.1626/pps.10.423>.
10. Ayanaba A. Nangju D. Nodulation and nitrogen fixation in six grain legumes. In: *Proceedings of the First IITA Grain Legume Improvement Workshop, International Institute of Tropical Agriculture*. Ibadan, Nigeria, 29 October–2 November 1973. P. 198–204.
11. Kombiok J. M. Buah S. S. J. Tillage depth effects on nodulation, nitrogen fixation and yield of three soybean varieties in the Northern Savanna zone of Ghana. *African Journal of Agricultural Research*. 2013. Vol. 8. P. 2340–2345. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJAR12.1304>.
12. Kemal D. Ismail C. Mustafa G. Ali C. Dogan K. Celik I. Gok M. Coskan A. Effect of different soil tillage methods on rhizobial nodulation, biomass and nitrogen content of second crop soybean. *African Journal of Microbiology Research*. 2011. Vol. 5. P. 3186–3194. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJMR11.165>.
13. Kihara J. Martius C. Bationo A. Vlek P. L. G. Effects of tillage and crop residue application on soybean nitrogen fixation in a tropical Ferralsol. *Agriculture*. 2011. Vol. 1. P. 22–37. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture1010022>.
14. Unkovich M. Herridge D. Peoples M. Cadisch G. Boddey R. Giller K. *Measuring plant-associated nitrogen fixation in agricultural systems*. Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR), 2008. P. 132–188.

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

ТВАРИННИЦТВО, КОРМОВИРОБНИЦТВО, ЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ПЕРЕРОБКА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ

ANIMAL HUSBANDRY, FEED PRODUCTION,
STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTS

UDC 636.92.082.2

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.3.25>

RASSENSTRUKTUR DER KANINCHEN IN DER KONTROLLIERTEN POPULATION IN DER ZEITLICHEN DYNAMIK

Pochukalin A.Ye. – Kandidat der Agrarwissenschaft, Ph.D.,
Leitender wissenschaftlicher Mitarbeiter des Labors für Milchviehzucht,
Institut für Tierzucht und Genetik „M.W. Subez“ der Nationalen Akademie der
Agrarwissenschaften der Ukraine

Die Kaninchenzucht ist einer der ältesten Zweige der Tierhaltung, der die Bevölkerung seit jeher mit wertvollem Diätfleisch und Pelzrohstoffen versorgt. Ziel der Arbeit war es, die Dynamik des aktuellen Bestands an Kaninchen der untersuchten Rassen im kontrollierten Teil der ukrainischen Population zu ermitteln. Darüber hinaus wurde der Reproduktion der Muttertiere (Mutterkaninchen) und die Wachstumsintensität der Jungtiere in verschiedenen altersbezogenen Zeiträumen analysiert. Hierfür wurde das Staatliche Register der Zuchtbetriebe in der Tierhaltung (Staatliches Zuchtregister) für den Zeitraum von 2002 bis 2024 herangezogen. Der kontrollierte Teil der Kaninchenpopulation ist durch sieben Rassen vertreten, namentlich: Weißer Riese, Grauer Riese, Sowjetische Chinchilla, Kalifornier, Belgischer Riese (Flandern), Neuseeländer und Silberkaninchen. Während des Untersuchungszeitraums wurden die Zuchtkaninchen in 13 Betrieben in 9 Regionen gehalten. Die genannten Betriebe erhielten den Status eines Zuchtvermehrungsbetriebs, und lediglich das Unternehmen „Mag“ (Region Odessa) erhielt den Status eines Zuchtzentrums für die von ihm gehaltenen Kaninchenrassen. Die überwiegende Mehrheit der Betriebe (7 Bestände) befasste sich mit der Zucht und Verbesserung der wirtschaftlich nützlichen Merkmale einer einzigen Kaninchenrasse, 5 Betriebe mit zwei Rassen und ein Betrieb mit fünf Rassen. In der zeitlichen Dynamik des vorhandenen Zuchtbestands weisen die Kaninchenrassen eine unterschiedliche Haltungsdauer auf. Der kürzeste Zeitraum wurde bei den Rassen Belgischer Riese und Sowjetische Chinchilla mit drei Jahren verzeichnet, gefolgt vom Weißen Riesen und Silberkaninchen mit acht Jahren, dem Grauen Riesen und Neuseeländer mit 12 Jahren sowie dem Kalifornier mit 19 Jahren. Hinsichtlich der Bestandszahlen wiesen die Kaninchenrassen während des Untersuchungszeitraums einen instabilen und wellenförmigen Charakter auf. Die Hauptspitzenbelastungen und das maximale spezifische Gewicht wurden bei folgenden Rassen verzeichnet: Weißer Riese: 32,8% (Jahr 2004), Silberkaninchen: 46,1% (Jahr 2004), Kalifornier: 100% (Jahr 2016, Jahre 2018–2020), Neuseeländer: 91,3% (Jahr 2013). Bezüglich der Jungtierausbeute pro Zuchthäsin pro Wurf und



© Pochukalin A.Ye., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Jahr sowie der Lebendmasse der Jungtiere im Alter von 3, 4 und 6 Monaten wurde bei den untersuchten Rassen eine hohe Variabilität festgestellt, die von der Rasse, dem Berichtsjahr und dem jeweiligen Betrieb abhängt.

Schlüsselwörter: Rassen, Kaninchenzucht, Tierbestand, Herde, Zuchthäsinnen, Rammler, Selektionsmerkmale.

Почукалін А.Є. Породна структура кролів підконтрольної частини популяції у часовій динаміці

Кролівництво – одна з найстаріших галузей тваринництва, яка протягом свого існування забезпечує населення цінним дієтичним м'ясом та хутровою сировиною кролів. Метою роботи було встановлення динаміки наявного поголів'я кролів досліджуваних порід у підконтрольній частині популяції України. Крім того, проаналізувати рівень відтворення кролематок та інтенсивність росту молодняку у різні вікові періоди. Для цього використаний Державний реєстр суб'єктів племінної справи у тваринництві (Державний племінний реєстр) впродовж 2002 ... 2024 років. Підконтрольна частина популяції кролів представлена сімома породами, а саме, білий велетень, сірий велетень, радянська шиншилла, каліфорнійська, бельгійський фландр, новозеландська та сріблясті. За досліджуваний період племінних кролів утримували у 13 господарств 9 областей. Зазначені господарства отримали статус племінний репродуктор і лише ЗП «Маг» Одеської області – племінний завод з утримуваних ним порід кролів. Переважна більшість (7стад) господарств займалися розведенням і удосконаленням господарськи корисних ознак однієї породи кролів, 5 господарств – двох порід і одне господарство – п'яти порід. У часовій динаміці наявного племінного поголів'я породи кролів мають різну тривалість утримання. Найкоротший період відмічено у порід бельгійський фландр та радянська шиншилла – три роки, далі білий велетень, сріблясті – вісім років, сірий велетень та новозеландська – 12 років та каліфорнійська – 19 років. За чисельністю впродовж досліджуваного періоду породи кролів мали нестабільний та хвилюподібний характер. Основними піковими навантаженнями і максимальною питомою вагою відмічено у породи кролів білий велетень – 32,8% (2004 рік), сріблясті – 46,1% (2004 рік), каліфорнійська – 100% (2016 рік, 2018–2020 роки), новозеландські – 91,3% (2013 рік). За виходом молодняку від основної кролематки за окріл та рік та живої маси молодняку у віці 3, 4 та 6 міс. досліджених порід встановлено високу мінливість, яка залежить від породи, року звітності та господарства.

Ключові слова: породи, кролівництво, поголів'я, стадо, кролематки, самці, селекційні ознаки.

Pochukalin A.Ye. Breed structure of rabbits in the controlled part of the population in temporal dynamics

Rabbit breeding is one of the oldest branches of animal husbandry, which throughout its existence has provided the population with valuable dietary meat and fur raw materials from rabbits. The aim of this study was to determine the dynamics of the existing rabbit population of the studied breeds within the controlled part of the population in Ukraine. In addition, the reproductive performance of does and the growth intensity of young stock at different age periods were analyzed. For this purpose, the State Register of Breeding Entities in Animal Husbandry (State Breeding Register) was used for the period from 2002 to 2024. Seven breeds represent the controlled part of the rabbit population, namely: White Giant, Grey Giant, Soviet Chinchilla, Californian, Belgian Flanders, New Zealand, and Silver. During the study period, breeding rabbits were kept in 13 farms across 9 regions. These farms obtained the status of breeding reproducers, and only PE "Mag" in Odesa region was granted the status of a breeding farm for the rabbit breeds it maintained. The majority of farms (7 herds) were engaged in breeding and improving economically valuable traits of a single rabbit breed, 5 farms worked with two breeds, and one farm maintained five breeds. In temporal dynamics, the breeding populations of rabbit breeds differed in the duration of their maintenance. The shortest period was observed for Belgian Flanders and Soviet Chinchilla (three years), followed by White Giant and Silver (eight years), Grey Giant and New Zealand (12 years), and Californian (19 years). In terms of population size, rabbit breeds exhibited an unstable, wave-like pattern throughout the study period. The main peak values and maximum shares were recorded for the following breeds: White Giant – 32.8% (2004), Silver – 46.1% (2004), Californian – 100% (2016, 2018–2020), and New Zealand – 91.3% (2013). The output of young per doe per kindling and per year, as well as the live weight of young stock at 3, 4, and 6 months of age, showed high variability depending on the breed, reporting year, and farm conditions.

Key words: breeds, rabbit breeding, population, herd, female rabbits, males, selection traits.

Problemstellung. Der kontrollierte Teil der Kaninchenpopulation ist stets von aktueller Bedeutung. Einerseits stellt er wertvolles genetisches Material für den Hauptbestand bereit, andererseits dient er als Referenz für die Realisierung des programmierten genetischen Potenzials selektiver Merkmale. Daher sind das Monitoring und die Analyse der Rassenstruktur des Zuchtbestands sowie der Ausprägungsgrad wirtschaftlich nutzbarer Merkmale von entscheidender Bedeutung.

Analyse der jüngsten Forschungen und Publikationen. Laut Literaturdaten weist der weltweite Kaninchenbestand eine positive Wachstumsdynamik auf. Während er im Jahr 1975 noch 400 Millionen Tiere betrug, stieg er bis 2010 auf 500 Millionen an. Jüngsten Quellen zufolge wird die Zahl der Kaninchen im Zeitraum 2023–2025 stabil bei etwa 700 Millionen Tieren bleiben. China bleibt der führende Produzent von Kaninchenfleisch. Die Zahl der Kaninchen in diesem Land stieg über einen langen Zeitraum an: von 150 Millionen im Jahr 1975 auf 280 Millionen im Jahr 2020. Danach folgte ein Rückgang, und derzeit hat sich dieser Wert bei 200 Millionen stabilisiert. An zweiter und dritter Stelle der weltweiten Kaninchenfleischproduktion stehen Nordkorea und Ägypten mit einem Anteil von 12,10% bzw. 4,6%. In der Europäischen Union wurden im Jahr 2020 rund 110 Millionen Kaninchen gehalten, wobei Italien, Spanien, Frankreich und Belgien die führenden Nationen sind [4, S. 49; 7, S. 170].

In der Ukraine wurden im Jahr 2021 21,4 Tausend Tonnen Lebendgewicht produziert, was deutlich weniger ist als im Zeitraum 2000–2014. Der Produktionsrückgang lässt sich teilweise durch die schwierige wirtschaftliche Lage im Zusammenhang mit der COVID-19-Pandemie erklären. Derzeit befindet sich die ukrainische Kaninchenzucht, wie auch andere Zweige der Tierhaltung, unter den Bedingungen des Kriegsrechts und ist daher sehr anfällig, da die Infrastruktur dieses hochspezialisierten Sektors ständig zerstört wird [2, S. 16; 3, S. 16].

Hervorzuheben sind auch einige Trends zur Neuausrichtung der Kaninchenzucht in der Ukraine. Bis zum Jahr 2000 hatte die kombinierte Richtung (Fleisch-Fell) den größten Anteil an der Gesamtstruktur, doch in der Folge sank dieser Anteil. Seit 2010 ist eine Dominanz der Fleischrichtung zu verzeichnen, die im Jahr 2025 etwa 70% betrug [7, S. 174]. Bekanntlich erfolgt die fortschrittliche Entwicklung der Branche durch den Einsatz moderner Technologien und wertvollen genetischen Materials. In der Ukraine ist die Kaninchenzucht durch Retro-, Techno- und Öko-Technologien vertreten [6, S. 81]. Das wertvolle genetische Material besteht aus reinrassigen Kaninchen der geplanten Rassen, die in der Ukraine gezüchtet werden [1, S. 285]. Das hochzüchterische Massiv reinrassiger Kaninchen konzentriert sich im kontrollierten Teil der Population [5, S. 237].

Aufgabenstellung. Auf der Grundlage des Staatlichen Registers der Zuchtbetriebe in der Tierhaltung (Staatliches Zuchtregister) soll für den Zeitraum 2002–2024 die Rassenstruktur des kontrollierten Kaninchenbestands ermittelt werden. Darüber hinaus soll ein Monitoring der Tierzahlen durchgeführt, der durchschnittliche Anteil von Weibchen und Männchen festgestellt und eine Charakterisierung der Selektionsmerkmale der wichtigsten Kaninchenrassen vorgenommen werden.

Darstellung des Hauptmaterials der Untersuchung. Der kontrollierte Teil der ukrainischen Kaninchenzucht wird durch sieben Rassen repräsentiert: Weißer Riese, Grauer Riese, Sowjetische Chinchilla, Kalifornier, Belgischer Flandern, Neuseeländer und Silberkaninchen.

Insgesamt befassten sich 13 Betriebe in 9 Regionen der Ukraine mit der Zucht von Rassekaninchen (Tab. 1). Sechs Betriebe hielten eine Kaninchenrasse, fünf Betriebe zwei Rassen und ein Betrieb fünf Rassen. Während des Untersuchungszeitraums

besaßen 12 Betriebe den Status eines Zuchtvermehrungsbetriebs. Die meisten Bestände haben diesen Status, und nur das Unternehmen „Mag“ fungiert als Zuchtzentrum für alle von ihm eingesetzten Rassen.

Tabelle 1

Zuchtbetriebe und die von ihnen gehaltenen Kaninchenrassen

Name des Zuchtbetriebs (Übersetzung), Region	Rassen
Pelztierfarm Lutschkiwske, Dnipropetrowsk	Grauer Riese
Spezialisierter Landwirtschaftsbetrieb (SLB) „Elite“, Iwano-Frankiwsk	Sowjetische Chinchilla
Offene Agrar-Aktiengesellschaft (OAAG) „Kalyta“, Kyjiw	Sowjetische Chinchilla, Grauer Riese
Landwirtschaftliche GmbH „Zentrum für Kaninchenzucht“, Kyjiw	Sowjetische Chinchilla, Silberkaninchen
Privatunternehmen (PU) „Nika“, Kyjiw	Silberkaninchen
GmbH „Rodo“, Kyjiw	Silberkaninchen
GmbH „Ukrainischer Zuchtkomplex für Kaninchenhaltung“, Kyjiw	Kalifornier, Neuseeländer
Offene Aktiengesellschaft für landwirtschaftliche Produktion „Selektion und Zuchtressourcen“, Luhansk	Grauer Riese
GmbH „Odes-Miakro“, Odessa	Weißer Riese, Grauer Riese
Zuchtbetrieb (Zuchtzentrum) „Mag“, Poltawa	Weißer Riese, Sowjetische Chinchilla, Silberkaninchen, Kalifornier, Grauer Riese
Spezialisierter Landwirtschaftsbetrieb Kotowa N. M., Sumy	Weißer Riese
Landwirtschaftliches Privatunternehmen (GmbH) „Isjumer Kaninchen“, Charkiw	Kalifornier
GmbH „Krolikoff“, Tscherkassy	Kalifornier, Neuseeländer

Der Anteil der untersuchten Rassen an der Gesamtstruktur weist erhebliche Unterschiede auf. Obwohl sich der kontrollierte Teil der Bestände über den Zeitraum von einundzwanzig Jahren veränderte und teilweise sogar verloren ging, ist es sinnvoll, die gewonnenen Daten darzustellen (Abb. 1). Hinsichtlich des Anteils der wichtigsten Rassen zu Beginn und am Ende des Untersuchungszeitraums ist beim Weißen Riesen ein Anstieg von 0,7% im Jahr 2002 auf 24,6% im Jahr 2009 zu verzeichnen. Das Silberkaninchen steigerte seinen Anteil von 3% auf 21,3%. Bei der Kalifornier-Rasse stieg der Anteil von 0,7 % im Jahr 2002 auf 47,8% im Jahr 2024, und beim Neuseeländer-Kaninchen von 14,2% im Jahr 2005 auf 52,2% im Jahr 2024.

Gleichzeitig verringerte sich der Anteil der Rassen Sowjetische Chinchilla von 44,8% im Jahr 2002 auf 4,5% im Jahr 2004, des Grauen Riesen von 50,8% auf 8,7% im Jahr 2015 und des Belgischen Flanderns von 5,3 % im Jahr 2004 auf 0,7% im Jahr 2006.

Darüber hinaus war es zweckmäßig, die Maximalwerte des Anteils einzelner Kaninchenrassen aufzuführen, da diese nicht immer mit den Anfangs- oder Endwerten übereinstimmen. So erreichten die Rassen folgende Spitzenwerte: Weißer Riese: 32,8% (Jahr 2004), Silberkaninchen: 46,1% (Jahr 2004), Kalifornier: 100% (Jahre 2016, 2018–2020), Neuseeländer: 91,3% (Jahr 2013).

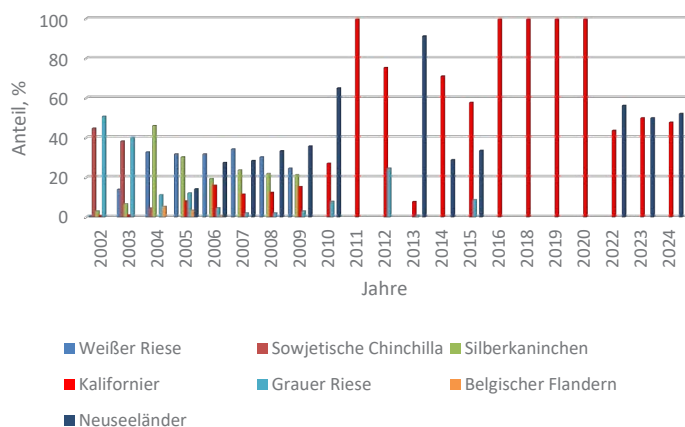


Abb. 1. Anteil der Kaninchenrassen nach Jahren, %

Rasse Weißer Riese. Die Verbesserung der Selektionsmerkmale erfolgte über einen Zeitraum von sieben Jahren, von 2002 bis 2009 (Abb. 2). Dabei wurde ein jährlicher Zuwachs des Tierbestandes beobachtet. Während des Untersuchungszeitraums wurden zwei Zuchtbetriebe für diese Rasse registriert: das Unternehmen „Mah“ (Gebiet Poltawa) mit einem geringen Bestand (je nach Jahr 80 bis 84 Tiere) und die GmbH „Odes-Miakro“ (Gebiet Odessa), deren Bestand zwischen 1.069 und 9.299 Tieren variierte. Der Anteil der Männchen an der Gesamtstruktur betrug im Durchschnitt 2%, der Anteil der Weibchen 57%.

Hinsichtlich der untersuchten Merkmale wurde eine Differenzierung zwischen den Beständen festgestellt, wobei die GmbH „Odes-Miakro“ bessere Werte aufwies. So waren die Ergebnisse für den Jungtierertrag pro Zuchthäsin pro Wurf sowie pro Jahr stabil und beliefen sich auf 9 und auf 27 Tiere. Die Lebendmasse der Jungtiere im Alter von 3, 4 und 6 Monaten wies geringfügige Schwankungen auf und lag bei 3,2–3,6 kg, 1,1 kg und 5,2–5,3 kg. Deutlich niedrigere Werte beim Jungtierertrag pro Zuchthäsin wurden im Betrieb „Mah“ verzeichnet; diese beliefen sich auf 3 bis 4 Tiere pro Wurf und 14 Tiere pro Jahr.

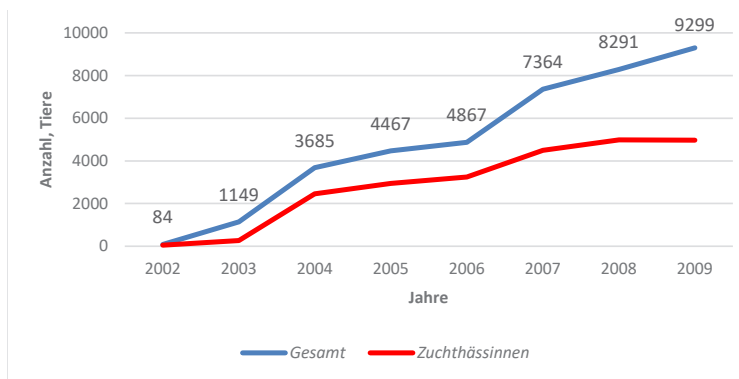


Abb. 2. Dynamik des Bestands an Kaninchen der Rasse Weißer Riese, Tiere

Rasse Sowjetische Chinchilla. Der kontrollierte Kaninchenbestand wurde im Zeitraum von 2002 bis 2004 in vier Zuchtbetrieben in den Gebieten Iwano-Frankiwsk, Kyjiw und Poltawa registriert. In dieser Zeit verringerte sich der Bestand um das Zehnfache und belief sich im Jahr 2004 auf 510 Tiere (Abb. 3).

Der größte Bestand an Zuchtkaninchen wurde im Jahr 2002 in der AG „Kalita“ (Gebiet Kyjiw) mit 5.000 Tieren verzeichnet, darunter 1.000 Weibchen. Der Gesamtbestand im Betrieb „Mah“ überschritt im Untersuchungszeitraum nicht die Zahl von 84 Tieren, davon 50 Muttertiere. Der Anteil der Männchen betrug im Durchschnitt 2,7%, während der Anteil der Zuchthäsinnen bei 40% lag (mit einem schrittweisen Anstieg in den Untersuchungsjahren von 22,3% auf 67,5%).

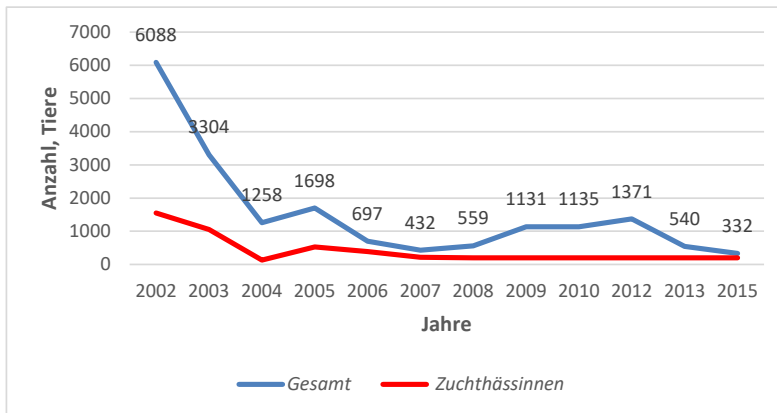


Abb. 3. Dynamik des Bestands an Kaninchen der Rasse Sowjetische Chinchilla, Tiere

Basierend auf den untersuchten Merkmalen wurden interhereditäre Unterschiede festgestellt, wobei die besten Werte im Zuchtbetrieb „Mah“ (Gebiet Poltawa) ermittelt wurden. Der Jungtierertrag pro Zuchthäsin pro Wurf und Jahr betrug jeweils 7 und 35 Tiere, während die Durchschnittswerte im Untersuchungszeitraum zwischen 3 bis 6 Tieren pro Wurf und 14 bis 24 Tieren pro Jahr schwankten. Die Wachstumsintensität der Ersatzjungtiere in den verschiedenen Altersperioden variierte ebenfalls je nach Betrieb und lag im Alter von 3 Monaten zwischen 2,0 kg und 2,7 kg, im Alter von 4 Monaten zwischen 2,2 kg und 3,7 kg und im Alter von 6 Monaten zwischen 3,7 kg und 5,2 kg.

Grauer Riese. Der Zuchtbestand der Kaninchenrasse Grauer Riese wurde in den Gebieten Dnipropetrowsk (Pelztierfarm Lutschkiwske), Kyjiw (AG „Kalita“), Luhansk (Spezialisierte AG „Selektion und Zuchtressourcen“) und Poltawa (Zuchtbetrieb „Mah“) gehalten. Der kontrollierte Bestand dieser Rasse belief sich zu Beginn der Untersuchung auf mehr als 6.000 Tiere, mit einer anschließenden Verringerung (Abb. 4). Hinsichtlich der Bestandsgröße ist insbesondere der Zuchtbetrieb der AG „Kalita“ hervorzuheben, in dem im Jahr 2002 4.264 Tiere gehalten wurden, darunter 1.000 Zuchthäsinnen. Der durchschnittliche Anteil der Männchen beträgt 2,1%, während der Anteil der Weibchen.

Hinsichtlich der Reproduktionskennzahlen, insbesondere des Jungtierertrags pro Zuchthäsin pro Wurf und Jahr, weisen die Werte eine hohe Variabilität auf, die je nach Betrieb zwischen 3,0 – 6,8 Tieren und 9,9 – 18,0 Tieren schwankt. Eine ähnliche Situation lässt sich bei der Lebendmasse der Jungtiere beobachten. So überstieg die Lebendmasse der Jungtiere im Untersuchungszeitraum im Alter von 3 Monaten, 4 Monaten und 6 Monaten nicht die Werte von 3,5 kg (Spezialisierte AG „Selektion und Zuchtressourcen“), 4,3 kg (Pelztierfarm Lutschkiwske) 4,0 kg.

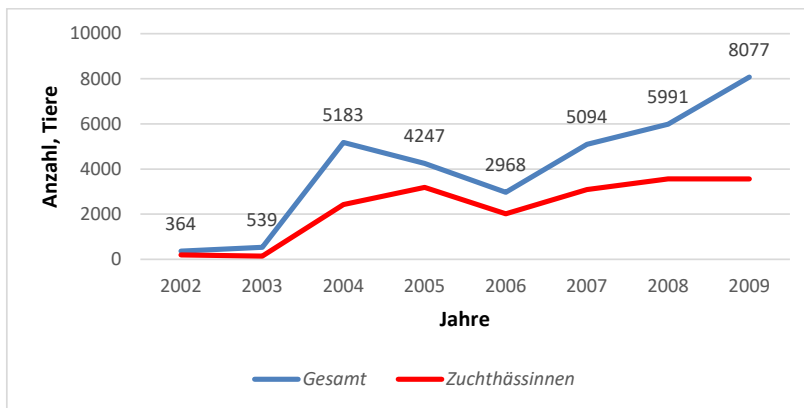


Abb. 4. Dynamik des Bestands an Kaninchen der Rasse Grauer Riese, Tiere

Silberkaninchen. Im Zeitraum von 2002 bis 2009 ist beim Zuchtbestand dieser Rasse ein positiver Wachstumstrend zu verzeichnen (Abb. 5). In dieser Zeit hat sich der Bestand um das 22-fache erhöht und erreichte den Wert von 8.000 Tieren. Es ist anzumerken, dass dieser Bestand dem Unternehmen „Odes-Miakro“ (Gebiet Odessa) gehört. Darüber hinaus wurde die oben genannte Rasse in den Betrieben „Nika“, „Rodo“, dem Zucht-komplex für Kaninchenhaltung (Gebiet Kyjiw) sowie im Zuchtbetrieb „Mah“ (Gebiet Poltawa) gehalten. Auffallend hoch ist der durchschnittliche Anteil der Männchen mit 23,7%, während der Anteil der Weibchen bei 54,3% liegt.

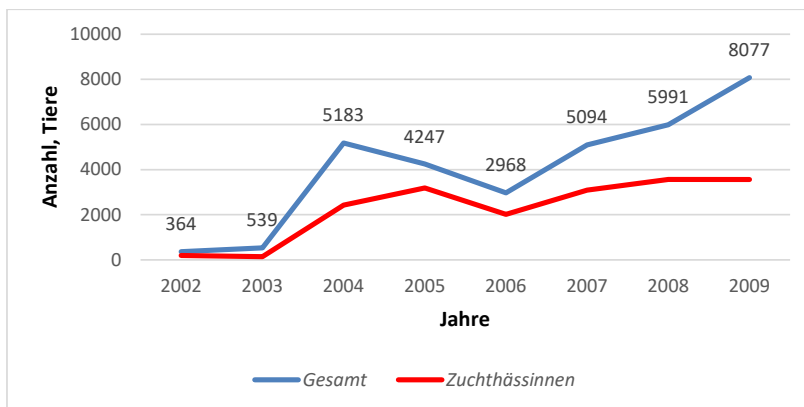


Abb. 5. Dynamik des Bestands an Kaninchen der Rasse Silberkaninchen, Tiere

Die wichtigsten Selektionsmerkmale weisen je nach Betrieb und Untersuchungsjahr Extremwerte auf. So liegt die Spanne beim Jungtierertrag pro Zuchthäsin pro Wurf zwischen 3,0 und 9,0 Tieren, während die Jahreswerte zwischen 9 und 40 Tieren variieren. Hinsichtlich der Lebendmasse der Jungtiere sind die Minimalwerte im Zuchtbetrieb „Mah“ (3 Monate – 1,9 kg; 4 Monate – 2,1 kg) und die Maximalwerte bei „Odes-Miakro“ (3 Monate – 3,6 kg; 4 Monate – 4,1 kg; 6 Monate – 5,1 kg) hervorzuheben.

Belgischer Flandern. Die Registrierung des Zuchtbestandes erfolgte ausschließlich im Gebiet Sumy im Landwirtschaftsbetrieb von N. M. Kotowa, der in der Folge den Status eines Vermehrungszuchtbetriebs erhielt. Die Aktivität des Betriebs dauerte laut Untersuchung von 2004 bis 2006, wobei gleichzeitig eine Bestandsverringerung zu verzeichnen war (Abb. 6). Zudem wurde in der Gesamtstruktur ein Anstieg des Anteils der Männchen von 3,0% auf 28,7% und der Weibchen von 25,2% auf 51,9% festgestellt, mit mehrjährigen Durchschnittswerten von 13,7% und 34,7%.

Die Durchschnittswerte der untersuchten Merkmale der Belgischen Flandern weisen eine geringe Variabilität auf, da sie aus einem einzigen Betrieb stammen. Der Jungtierertrag pro Zuchthäsin liegt zwischen 6,2 und 6,8 Tieren pro Wurf bzw. zwischen 12,7 und 18,8 Tieren pro Jahr. Die Wachstumsintensität der Jungtiere im Alter von 3 und 4 Monaten beträgt im Durchschnitt 2,2 kg und 3,4 kg.

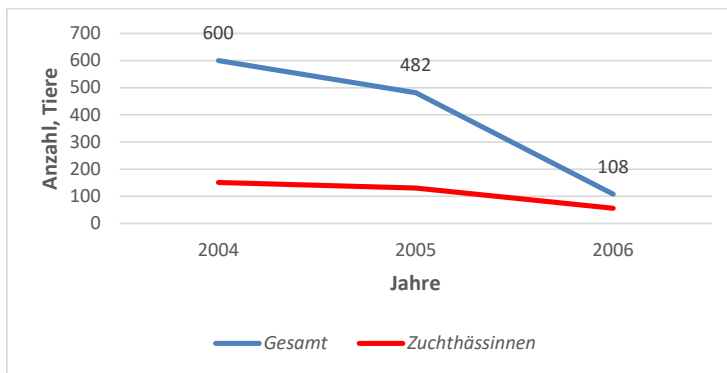


Abb. 6. Dynamik des Bestands an Kaninchen der Rasse Belgischer Flandern, Tiere

Neuseeländer-Rasse. Der kontrollierte Teil der Population der Neuseeländer-Kaninchenrasse befindet sich in den Gebieten Kyjiw (GmbH „Ukrainischer Zuchtkomplex für Kaninchenhaltung“ von 2005 bis 2010) und Tscherkassy (GmbH „Krolikoff“ seit 2013). Die Bestandszahlen wiesen bis zum Jahr 2009 eine steigende Dynamik mit einem leichten Rückgang und einem anschließenden steilen Höhepunkt auf (Abb. 7), der im Laufe der Zeit wieder sank. Der durchschnittliche Anteil der Männchen beträgt 3,4%, der der Weibchen 27,2%.

Das Niveau der Selektionsmerkmale der Neuseeländer-Rasse weist eine erhebliche Variabilität auf: Der Jungtierertrag pro Zuchthäsin pro Wurf liegt bei 7,0 bis 9,0 Tieren, mit einer hohen Amplitude im Jahresverlauf von 24,0 bis 59,5 Tieren. Die Lebendmasse der Jungtiere im Alter von 3 und 4 Monaten blieb im Untersuchungszeitraum stabil und betrug im Durchschnitt 2,8 kg und 3,4 kg.

Kalifornische Rasse. Der Zuchtbestand der Kalifornischen Kaninchenrasse wird am längsten (über 20 Jahre) gehalten, wobei die Standorte in den Gebieten Kyjiw, Poltawa und Charkiw (GmbH „Isjumer Kaninchen“) lagen. Die Dynamik der Anzahl der Zuchttiere weist eine deutliche Wellenförmigkeit mit drastischen Rückgängen und Spitzenwerten auf (Abb. 8). Zu Beginn des Untersuchungszeitraums stieg die Anzahl der Kalifornischen Kaninchen schrittweise an und erreichte 2009 ihren Maximalwert, sank jedoch danach unter wellenförmigen Schwankungen allmählich ab.

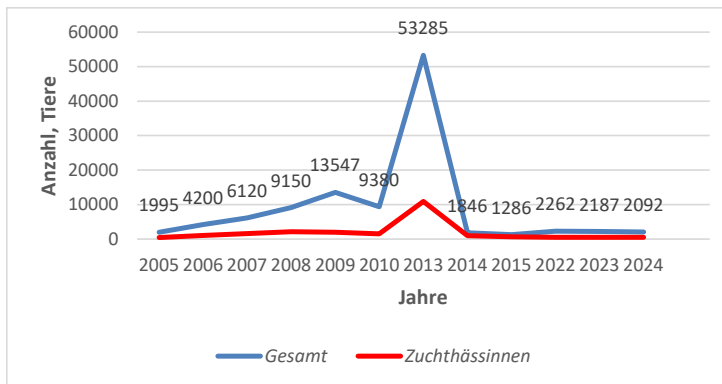


Abb. 7. Dynamik des Bestands an Kaninchen der Rasse Neuseeländer, Tiere

Auch die Werte der einzelnen Betriebe unterscheiden sich erheblich: Der Mindestbestand entfiel auf den Zuchtbetrieb „Mag“ im Gebiet Poltawa (je nach Jahr zwischen 80 und 84 Tiere), während der Höchstwert in GmbH „Ukrainischer Zuchtcomplex für Kaninchenhaltung“ im Gebiet Kyjiw verzeichnet wurde (zwischen 1.140 und 5.800 Tiere). Seit 2013 wird der Zuchtbestand in GmbH „Krolikoff“ im Gebiet Tscherkassy gehalten.

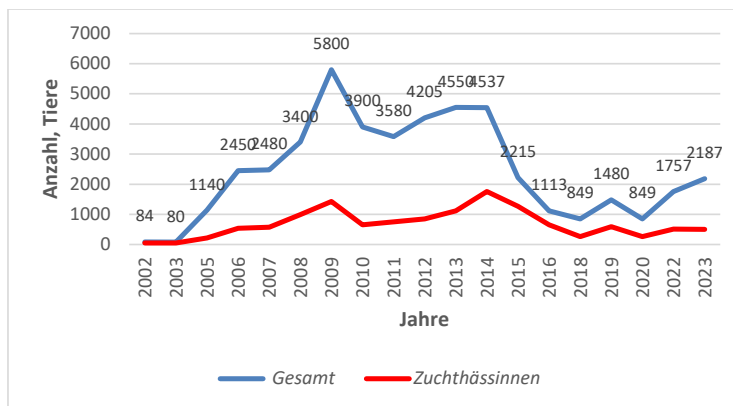


Abb. 8. Dynamik des Bestands an Kaninchen der Rasse Kalifornische, Tiere

Vervollkommnung der Selektionsmerkmale ist ein mühsamer Prozess, der einen komplexen Ansatz zur Lösung der gestellten Aufgaben erfordert. Bei der Wachstumsintensität der Jungtiere wurde in den Untersuchungszeiträumen eine hohe Amplitude der ermittelten Werte festgestellt: Im Alter von 3 Monaten liegen diese zwischen 1,8 kg und 3 kg, im Alter von 4 Monaten zwischen 2 kg und 3,6 kg und im Alter von 6 Monaten zwischen 4 kg und 5,5 kg. Ebenso wurden die Grenzen der Reproduktionsrate basierend auf dem Jungtierertrag pro Zuchthäsin und Wurf (3 bis 8,5 Tiere) sowie pro Jahr (14 bis 59,5 Tiere) bestimmt.

Schlussfolgerungen. Die Rassenstruktur der Kaninchen in der kontrollierten Teilpopulation umfasst 7 Rassen, die auf 13 Betriebe in 9 Gebieten der Ukraine verteilt sind. Zu Beginn der Untersuchung waren die Rassen Weißer Riese, Sowjetische Chinchilla,

Silberkaninchen, Grauer Riese und Belgischer Flandern weit verbreitet. Und die Neu-seeländer- und die Kalifornier-Rasse am Ende des Untersuchungszeitraums. Das Niveau der Selektionsmerkmale (Jungtierertrag pro Zuchthäsin, pro Wurf und Jahr sowie das Lebendgewicht im Alter von 3, 4 und 6 Monaten) weist bei den untersuchten Rassen eine hohe Variabilität auf und hängt von der jeweiligen Rasse, dem Berichtsjahr sowie dem Landwirtschaftsbetrieb ab.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Бащенко М. І., Гончар О. Ф., Шевченко Є. А. Кролівництво : Монографія. Черкаси: Черкаський інститут АПВ, 2011. 302 с.
2. Бойко О. В., Гавриш О. М., Гончар О. Ф. Стан галузі кролівництва в світі та Україні. *Кролівництво і хутрове звірівництво: проблеми, перспективи та інновації* : матеріали міжнар. наук.-практ. онлайн конф. (23 березня 2023 р.). Черкаси / НААН, Черкаська дослідна станція біоресурсів. Черкаси, 2023. С. 15–16.
3. Бойко О., Гавриш О., Гончар О. Кролівництво України в умовах військового стану (2022-2024 рр.). *Проблеми і перспективи інноваційного розвитку галузей кролівництва та звірівництва* : матеріали міжнар. наук.-практ. онлайн конф. (4 квітня 2025 р.). Черкаси / НААН, Черкаська дослідна станція біоресурсів. Черкаси, 2025. С. 14–18.
4. Гончар О. Ф., Бойко О. В., Гавриш О. М. Аналіз стану галузі кролівництва в Україні. *Ефективне кролівництво і звірівництво*. Черкаси. 2020. 6. 47–57.
5. Почукалін А. Є. Племінне тваринництво України (кролівництво). Таврійський науковий вісник. 2025. № 143. Ч. 2. С. 235–240. DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.143.2.26>
6. Сотніченко Ю. Галузь кролівництва – перспективи в умовах сьогодення. *Кролівництво і хутрове звірівництво: проблеми, перспективи та інновації* : матеріали міжнар. наук.-практ. онлайн конф. (23 березня 2023 р.). Черкаси / НААН, Черкаська дослідна станція біоресурсів. Черкаси, 2023. С. 81–83.
7. Шабля В. П., Корх О. В., Шабля П. В., Сябро А. С. Динаміка і тенденції розвитку галузі кролівництва в Україні та світі. *Ефективне кролівництво і звірівництво*. Черкаси. 2025. 11. 168–184. DOI: <https://doi.org/10.37617/2708-0617.2025.11.168-184>

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 619: 614.31: 637

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.3.26>

ПОКАЗНИКИ МОЛОЧНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА МОРФО-БІОХІМІЧНИЙ СКЛАД КРОВІ КОРІВ, ЗА ВКЛЮЧЕННЯ ДО СКЛАД КОМБІКОРМУ ПРОБІОТИЧНИХ КОРМОВИХ ДОБАВОК ДЛЯ ПРОФІЛАКТИКИ АЦИДОЗНОГО СТАНУ РУБЦЯ

Приліпко Т.М. – д.с.-г.н., професор,

завідувач кафедри харчових технологій виробництва і стандартизації харчової продукції,

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

orcid.org/0000-0002-8178-207X

Бетлінська Т.В. – асистент кафедри інфекційних та інвазійних хвороб,

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

orcid.org/0000-0002-1070-0874

Наведені результати дослідження ефективності використання кормової добавки «Румібакт» для високопродуктивних корів, при різних рівнях та якості крохмалю в їх раціонах годівлі. Корови контрольної групи у складі комбікорму отримували пробіотичну кормову добавку «Актив Іст» з нормою введення 1 кг/т комбікорму КК-61С, а тваринам 1 дослідної групи включали кормову добавку «Румібакт», що вивчається, до складу комбікорму з розрахунку 20 г/т. Корови третьої групи до складу комбікорму включали і кормову добавку «Актив Іст», і кормову добавку «Румібакт» у зазначених вище дозах. У першому періоді у складі комбікорму головним і цінним джерелом крохмалю служило зерно кукурудзи. У другому періоді досвіду зерно кукурудзи було замінено на зерно пшениці в тому ж обсязі (%). Протягом досвіду враховували показники продуктивності, споживання кормів, вивчали біохімічний склад крові та молока. В результаті проведених досліджень встановлено, що включення кормової добавки «Румібакт» є більш ефективним, ніж використання дріжджів «Актив Іст» при використанні у складі комбікорму зерна кукурудзи. Відмінності за рівнем молочної продуктивності (натуральна жирність) на користь корів 1 дослідної групи становили 2,8%. У третій дослідній групі (комплексне використання) середньодобовий удій виявився вищим на 3,6 % порівняно з контролем. Відмінності за вмістом молочного жиру на користь корів 1 і 2 дослідної груп дорівнювали 0,05 і 0,04 п. п., молочного білка - 0,02 і 0,03 п. п. Заміна в комбікормі зерна кукурудзи на зерно пшениці у збалансованих за крохмалем рецептах відобразилася на показниках молочної продуктивності. Так, середньодобовий надій молока у корів у 1 дослідній групі виявився вищим на 4,1 %, а в другій дослідній групі – на 4,9 %. Жирномолочність підвищилася відповідно за групами на 0,04 та 0,02 п. п., білковомолочність у 1 дослідній групі – на 0,03 п. п. Аналіз молочної продуктивності піддослідних корів у перерахунку на молоко базисної жирності показав, що в 1 дослідній групі, яким використовували тільки кормову добавку «Румібакт», середньодобовий надій молока виявився вищим, ніж у контрольній групі, де використовували кормові дріжджі «Актив Іст», відповідно на 4,3 % (використання зерна пшениці). У третій дослідній групі при спільному використанні цих кормових добавок відзначається ефект доповнюючої дії, при цьому рівень молочної продуктивності (базисна жирність) виявився вищим на 4,8 і 5,3% відповідно, або на 0,3 п. п. більше, ніж у 1 дослідній групі.

Ключові слова: кормова добавка, кормові дріжджі, середньодобовий надій, молочна продуктивність, корови, пшениця, молочний жир.



© Приліпко Т.М., Бетлінська Т.В., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Prylipko T.M., Betlinska T.V. Indicators of milk productivity and the morpho-biochemical composition of the blood of cows, with the inclusion of probiotic feed additives in the compound feed for the prevention of acidosis of the rumen

Indicators of milk productivity and the morpho-biochemical composition of the blood of cows, with the inclusion of probiotic feed additives in the compound feed for the prevention of acidosis of the rumen. The results of the study of the effectiveness of the use of feed additive "Rumibact" for high-yielding cows at different levels and quality of starch in their feed rations are given. The cows of the control group received the probiotic feed additive "Active East" at the rate of 1 kg/t of KK-61S compound feed as part of the compound feed, and the animals of the experimental group 1 were given the feed additive "Rumibact", which is being studied, in the compound feed at the rate of 20 g/t. Cows of the third group were included in the feed additive "Active East" and feed additive "Rumibact" in the doses indicated above. In the first period, the main and valuable source of starch in the compound feed was corn grain. In the second period of the experiment, corn grain was replaced by wheat grain in the same amount (%). During the experience, indicators of productivity, feed consumption were taken into account, and the biochemical composition of blood and milk was studied. As a result of the conducted research, it was established that the inclusion of feed additive "Rumibact" is more effective than the use of yeast "Active East" when using corn grain as part of compound feed. Differences in the level of milk productivity (natural fat content) in favor of cows of experimental group 1 amounted to 2.8%. In the third experimental group (complex use), the average daily intake was 3.6% higher compared to the control. Differences in milk fat content in favor of cows of experimental groups 1 and 2 were equal to 0.05 and 0.04 p.p., milk protein - 0.02 and 0.03 p.p. The replacement of corn grain with wheat grain in the combined feed in starch-balanced recipes was reflected in the indicators of milk productivity. Thus, the average daily yield of milk in cows in the 1st experimental group turned out to be higher by 4.1%, and in the second experimental group by 4.9%. Milk fat content increased by 0.04 and 0.02 percentage points, respectively; by 0.04 and 0.02 percentage points, milk protein content increased by 0.03 percentage points in 1 experimental group. The analysis of the milk productivity of experimental cows in terms of milk of basic fat content showed that in 1 experimental group, which used only the feed additive "Rumibact", the average daily yield of milk was higher than in the control group. in the group where "Active East" fodder yeast was used, respectively by 4.3% (use of wheat grain). In the third experimental group, when these feed additives are used together, a complementary effect is noted, while the level of milk productivity (base fat) was higher by 4.8 and 5.3%, respectively, or by 0.3 pp more than in the 1st experimental group.

Key words: fodder additive, fodder yeast, average daily yield, milk productivity, cows, wheat, milk fat.

Постановка проблеми. Інтенсифікація молочного тваринництва, подальше зростання продуктивності корів потребує підтримання нормального фізіологічного стану тварин, що є запорукою їх тривалого продуктивного використання та гарантією отримання молока високої якості[1, с.42; 2, с.22].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За останні роки продуктивні можливості молочних корів значно зросли за рахунок систематичного цілеспрямованого розведення і покращення годівлі та утримання. Разом з тим, у корів з високою молочною продуктивністю серед різноманітних порушень обміну речовин проблема кетозів стоїть чи не найпершому місці[8, с.183; 10, с.83; 12, с.442].

Велике значення цій проблемі приділяють в багатьох країнах особливо у зв'язку з комплектуванням високопродуктивних елітних стад, навколо промислових центрів. Відповідно, мова йде фактично про шляхи подальшого розвитку молочного скотарства і про забезпечення населення молоком та молочними продуктами. Актуальність даної теми зумовлена тим, що кетоз призводить до зниження молочної продуктивності, яловості тварин, передчасного вибуття кращих корів із стада. Кінцевим наслідком такого порушення фізіологічних процесів травлення у корів є зниження рентабельності і конкурентоспроможності молочного скотарства [3, с.144; 5, с. 17].

При недостатньому або надмірному забезпеченні корів елементами живлення, порушенні технології годівлі, односторонньому силосному або силосно-концентратному годуванні тварин розвивається аліментарне захворювання. Як правило, ці захворювання протікають у клінічно невираженій формі, але поширені значно широко і завдають господарствам республіки великої економічної шкоди [4 с.121; 6,с. 96; 10, с.221].

Однією із серйозних проблем у молочній галузі є ацидоз та його «різновиди»: клінічний, субклінічний, метаболічний. Боротися із цією проблемою та її наслідками необхідно, на наш погляд, не за допомогою лікування, а профілактики передумов його виникнення. Ацидоз у різних його проявах запускає в організмі корів різні негативні процеси, найчастіше важкозворотні, які надалі виявляються конкретними захворюваннями, які ветеринарні фахівці старанно та довго лікують [7,с.150].

Серед основних причин, що викликають захворювання на кетоз, виділяють такі: надмірна кількість білків у раціоні і недостатня вуглеводів; згодовування цвілих кормів, переважно макухи або силосу; гормональні порушення; зниження рівня глюкози в крові; дефіцит моціону; кондиція тіла корів перед отеленням: корови з кондицією, яка більша або рівна чотири бали, мають вищий рівень кетонів тіл, порівнюючи з коровами нормальної вгодованості або худими [6, с.97].

Досить поширеною причиною кетозу є недостатність Кальцію в організмі. Ця патологія може призводити до зниження споживання сухої речовини й ацидозу, кетозу, зниження надоїв, парезів і затримки плаценти, зміщення сичуга, зниження тонуусу матки та гладкої мускулатури передшлунків, ендометритів, репродуктивних проблем [7, с. 151; 8, с. 183].

Кетонові або ацетонові тіла – це ацетон, ацетооцтова кислота і бета-оксимасляна кислота. Кетонові тіла завжди присутні в крові жуйних тварин і є нормальними проміжними продуктами вуглеводно-ліпідного обміну. Для утворення кетонів тіл в організмі існує кілька можливостей. Основні поживні речовини корму – білки, вуглеводи, жири розщеплюються в організмі, проходячи через різні проміжні стадії до активної форми ацетату – ацетилкоензиму А, який в циклі трикарбонових кислот розщеплюється до вуглекислого газу та води. Першим етапом перетворення ацетил-КоА в циклі Кребса є його конденсація із щавлевооцтовою кислотою (оксалоацетатом) і утворення лимонної кислоти. Щавлевооцтова кислота утворюється головним чином при розщепленні вуглеводів і в незначній кількості з аспарагінової кислоти шляхом трансамінування [8, с. 185; 9, с. 223].

У жуйних тварин джерелом щавлевооцтової кислоти є також пропіонова кислота, яка утворюється в значних кількостях в рубці при бродінні вуглеводів. Відносно значні кількості оцтової та масляної кислот, які адсорбуються з рубця, можуть негативно впливати на засвоєння глюкози. В рубцевому епітелії корів проходить перетворення масляної кислоти і вона з'являється в крові у вигляді бета-оксимасляної кислоти. Пропіонова кислота, вступаючи в реакцію з коферментом А, утворює пропіоніл-коензим А, який потім перетворюється в сукциніл-коензим А, який може включатися в цикл Кребса, де перетворюється до щавлево-оцтової кислоти з виділенням енергії. Пропіонова кислота має антикетогенну властивість, так як, утворюючись в рубці, вона транспортується в печінку та використовується в ній для утворення глікогену [13, с. 187; 14, с.117].

Важливим джерелом утворення кетонів тіл є шлях синтезу, при якому вихідним продуктом є ацетилкоензим А, що утворюється в процесі бета-окиснення вищих жирних кислот. Крім того, при станах, коли в організмі проходить

посилений розпад білків, утворення кетонових тіл в печінці проходить з кетогенних амінокислот, як, наприклад, тирозину, лейцину, ізолейцину, фенілаланіну. Встановлено [6, с. 98; 8, с.184], що в утворенні кетонових тіл у жуйних приймає участь епітелій стінки рубця. Концентрація кетонових тіл у дорослої великої рогатої худоби вища в тканині печінки, нирок, легень, селезінки, серцевого і скелетних м'язів, ніж в слизовій оболонці всіх відділів травного тракту, тоді як у плоду суттєвих відмінностей в їх вмісті не спостерігається. Концентрація кетонових тіл в тканині печінки, нирок, легень, селезінки, серцевого і скелетних м'язів однакова, а в слизовій оболонці всіх відділів травного каналу – більш висока у плоду, ніж у дорослих тварин[11, с.190].

Основним місцем утворення кетонових тіл є печінка. Тому, кетонові тіла, які утворюються в організмі жуйних тварин, поступаючи в кров, окиснюються через ацетилкоензим А в циклі Кребса в різних органах і тканинах і використовуються ними як джерело енергії. В нормі вміст кетонових тіл невеликий, що зумовлюється великою здатністю організму окиснювати ацетооцтову кислоту, а також в молочній залозі бета-оксималяну кислоту; окиснена частина ацетооцтової кислоти може ресинтезуватися (наприклад, в лактуючій молочній залозі) у вищі жирні кислоти при участі НАДФ·Н² [12, с. 445].

У клінічно хворих тварин спостерігаються зміни морфологічного складу крові. Зменшується кількість лейкоцитів, еритроцитів та гемоглобіну. В дослідженнях встановлено [5, с.18], що у хворих на кетоз корів зростання кількості еозинофілів на 15-40% і лімфоцитів на 60-80%, в той час, як кількість нейтрофілів була низькою. Також було встановлено, що хворі корови за кількістю еозинофілів можуть бути розділені на дві групи: одна з відносно низьким, друга з високим рівнем еозинофілів. [12, с. 444].

При біохімічному дослідженні крові найбільш характерними є кетонемія та гіпоглікемія. Загальна кількість кетонових тіл в крові хворих корів досягає 25,0-157,5 мг% [7, с.152]. Кількісно змінюється фракційний склад: ацетон, ацетооцтова і бета-оксималяна кислоти. Зростання в крові кетонових тіл проходить в основному за рахунок ацетону та ацетооцтової кислоти. Якщо у здорових корів співвідношення ацетооцтової і бета-оксималяної кислот рівне 12:8,7 або 1:11 [10, с.151], то у хворих – 1-2,4 або 1:4,0 відповідно. Одночасно в крові проходить зниження концентрації глюкози на 35-37%.

У зв'язку з цим розробка та визначення ефективності використання кормових добавок (рубцевих пробіотиків) для високопродуктивних корів має велике наукове та практичне значення.

Результати досліджень. У наших дослідженнях вивчали ефективність використання кормової добавки «Румібакт» для високопродуктивних корів, при різних рівнях та якості крахмалу в їх раціонах годівлі. Дослідження було проведено в умовах молочно-товарної ферми Хмельницької області, де вивчали показники молочної продуктивності та морфо-біохімічний склад крові корів, яким до складу комбікорму включали спеціальні кормові добавки для профілактики ацидозного стану рубця: «Румібакт» та кормові дріжджі «Актив Іст». Корови контрольної групи у складі комбікорму отримували пробіотичну кормову добавку «Актив Іст» з нормою введення 1 кг/т комбікорму КК-61С, а тваринам 1 дослідної групи включали кормову добавку «Румібакт», що вивчається, до складу комбікорму з розрахунку 20 г/т. Корови третьої групи до складу комбікорму включали і кормову добавку «Актив Іст», і кормову добавку «Румібакт» у зазначених вище дозах. Поголів'я корів у контрольній та дослідних групах (n = 14) за показниками продуктивності,

породи, віком, фізіологічним станом були аналогічними. Умови годівлі та утримання тварин обох груп за періодами експерименту були однаковими, тому що кормосуміш та комбікорм були аналогічними. Головний період дослідів було поділено на два періоди по 30 днів кожен. У першому періоді у складі комбікорму головним і цінним джерелом крохмалю було зерно кукурудзи, в якому ця фракція вуглеводів [10, с. 73] представлена малорозчинною в рубці формою, на відміну від крохмалю, що міститься в зерні пшениці, який повністю розщеплюється в рубці. У другому періоді досвіду зерно кукурудзи було замінено на зерно пшениці в тому ж обсязі (%). Протягом дослідів враховували показники продуктивності, споживання кормів, вивчали біохімічний склад крові та молока.

У всіх проведених дослідженнях було враховано вимоги щодо організації та проведення науково-господарських та фізіологічних дослідів. В результаті проведених досліджень встановлено, що включення кормової добавки «Румібакт» є більш ефективним, ніж використання дріжджів «Актив Іст» при використанні у складі комбікорму зерна кукурудзи. Відмінності за рівнем молочної продуктивності (натуральна жирність) на користь корів 1 дослідної групи становили 2,8%. У третій дослідній групі (комплексне використання) середньодобовий удій виявився вищим на 3,6 % порівняно з контролем. Відмінності за вмістом молочного жиру на користь корів 1 і 2 дослідної груп дорівнювали 0,05 і 0,04 п. п., молочного білка - 0,02 і 0,03 п. п.

Заміна в комбікормі зерна кукурудзи на зерно пшениці у збалансованих за крохмалем рецептах (згідно з методикою досліджень) відобразилася на показниках молочної продуктивності. Так, середньодобовий надій молока у корів у 1 дослідній групі виявився вищим на 4,1 %, а в другій дослідній групі – на 4,9 %. Жирномолочність підвищилася відповідно за групами на 0,04 та 0,02 п. п., білковомолочність у 1 дослідній групі – на 0,03 п. п.

Аналіз молочної продуктивності піддослідних корів у перерахунку на молоко базисної жирності показав, що в 1 дослідній групі, яким використовували тільки кормову добавку «Румібакт», середньодобовий надій молока виявився вищим, ніж у контрольній групі, де використовували кормові дріжджі «Актив Іст», відповідно на 4,3 % (при використанні зерна пшениці). У третій дослідній групі при спільному використанні цих кормових добавок відзначається ефект доповнюючої дії, при цьому рівень молочної продуктивності (базисна жирність) виявився вищим на 4,8 і 5,3% відповідно, або на 0,3 п. п. більше, ніж у 1 дослідній групі.

Висновки. Використання пробіотичної кормової добавки «Румібакт» дозволяє підвищити рівень молочної продуктивності та покращити хімічний склад молока, а комплексне їх використання має ефект доповнюючої дії та справило позитивний вплив на вивчені показники.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Kalyinka A.K., Lesyk O.B., Prylipko T.M. Optimization of growing and feeding of different breeds of ruminants and their hybrids with an average level of feeding in the conditions of the carpathian region of Bukovina. *SWorldJournal (online)*. Svishtov, Bulgaria 2022. Issue 14. Part 1 P. 42-47.
2. Prylipko T. Control of the Quality and Safety of Dairy Products in Ukraine: International and Legal Aspects. *European Food and Feed Law Review*. Volume 18 (2023), Issue 1. Pages 22-30.
3. Prylipko T.M. Milk quality for cheese production in silage type feeding of cows. *Modern engineering and innovative technologies : The International Scientific Periodical Journal*. Karlsruhe, Germany. Issue № 37. Part 1. February 2025. С. 144–149. Indexed in Indexcopernicus (ICV: 70.62).

4. Калинка А.К., Лесик О.Б., Приліпко Т.М., Корх І.В. Вплив різних рецептів раціонів на продуктивність молодняку м'ясного комолого сименталу жуйних у зоні карпатського регіону Буковини. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2022. Вип. 126. С.121-130.
5. Кременчук, І., Трач, В. Морфологічні та біохімічні показники крові корів за кетозу. *Аграрний вісник Причорномор'я*. 2021. № (99).
6. Охріменко А.М. Діагностика та лікування корів за кетозу. *Наукові пошуки молоді у ХХІ столітті. Актуальні проблеми ветеринарної медицини: міжнар. наук.-практ. конф. магістрантів. БНАУ, 18 листопада 2021 р. Біла Церква, 2021. С.96-98.*
7. Плікус Я.М. Клініко-гематологічний статус корів за кетозу. *Актуальні проблеми ветеринарної медицини: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. магістрантів. БНАУ, 21 листопада 2019 р. Біла Церква. 2019. С.150-152.*
8. Приліпко Т.М.. Адаптивні зміни властивостей ферментів при різному рівні молочної продуктивності. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2022. Вип. 124. С. 183-188.
9. Приліпко Т.М. Ефективність використання комплексної кормової добавки в раціонах нетелей і корів. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. Випуск 139. Частина 2. С.223-227.
10. Приліпко Т.М. Фізіолого-біохімічні основи продуктивності тварин: монографія. Вінниця: ТВОРИ, 2023. 666 с.
11. Приліпко Т.М., Вплив антиоксиданту на морфологічні показники крові молодняку великої рогатої худоби. *Зміна клімату та її наслідки для тваринництва і ветеринарної медицини: наукові підходи та інноваційні рішення*. Збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції. м. Кам'янець-Подільський, 10-11 жовтня 2024 року. Одеса: ІКОСГ НААН, 2024. С.190-192
12. Приліпко Т.М., Коваль Т.В. Вивчення біохімічних та морфологічних показників крові високопродуктивних здорових та хворих на кетоз корів *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2024. Вип. 137. С.442-447.
13. Приліпко Т.М., Коваль Т.В. Нейрогуморальна регуляція обміну речовин у разі порушення травлення в жуйних. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2022. Вип. 123. С. 187-192.
14. Приліпко Тетяна. Молочне виробництво в умовах змін клімату та сучасних технологій годівлі: функціональний гомеостаз, мінеральне живлення та якість продукції. Монографія. Кам'янець-Подільський: ЗВО «ПДУ». 2025. 242 с.

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 636.2.084.1:615.874

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.3.27>

ФУНКЦІОНАЛЬНЕ ЖИВЛЕННЯ ТЕЛЯТ У МОЛОЧНИЙ ПЕРІОД ВИРОЩУВАННЯ

Сичов М.Ю. – д.с.-г.н., професор,

завідувач кафедри годівлі тварин та технології кормів імені П. Д. Пшеничного,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
orcid.org/0000-0002-6319-9876

Ходаківський І.О. – аспірант кафедри годівлі тварин

та технології кормів імені П. Д. Пшеничного,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
orcid.org/0009-0009-9748-9036

У статті проаналізовано сучасні підходи до функціонального живлення телят у молочний період вирощування з акцентом на застосування пробіотиків, пребіотиків, іонофорів та солей масляної кислоти як інструментів для підвищення продуктивності та зниження захворюваності. Метою роботи стало аналіз та узагальнення результатів експериментальних досліджень, присвячених впливу зазначених кормових добавок на показники росту, конверсію корму, стан мікрофлори шлунково-кишкового тракту, розвиток рубця та частоту розладів травлення у телят. Здійснено систематизацію даних наукових публікацій, порівняно результати дослідів за різних схем годівлі, дозування та технологій утримання й оцінено ефективність застосування добавок у виробничих умовах. Результати досліджень показали, що пробіотики і пребіотики допомагають сформувати правильну мікрофлору рубця, посилюють колонізаційну резистентність шлунково-кишкового тракту та стимулюють локальний імунітет, що супроводжується зниженням ризику виникнення діареї і підвищенням середньодобового приросту. Ефективність цих добавок залежить від штаму мікроорганізмів, дози, тривалості застосування та санітарного статусу господарства. Монензин покращує конверсію корму, оптимізує ферментацію у рубці за рахунок зміцнення співвідношення летких жирних кислот у бік пропіонової та знижує ризик прояву кокцидіозу. Солі масляної кислоти (натрій бутират і кальцій бутират) стимулюють проліферацію клітин епітелію шлунково-кишкового тракту, прискорюють морфофункціональний розвиток рубця, підвищують висоту ворсинок тонкого кишківника та покращують засвоєність поживних речовин, що позитивно впливає на темпи росту у періоди до і після відлучення. Водночас, результати окремих досліджень демонструють варіабельність реакції на добавки, що зумовлює необхідність точного підбору схеми застосування та економічного обґрунтування використання функціональних компонентів. Отже, цілеспрямоване включення пробіотиків, пребіотиків, іонофорів і бутиратів у програми вирощування телят може суттєво підвищити ефективність та рентабельність виробництва, а подальші дослідження мають бути спрямовані на оптимізацію дозувань і комбінованих стратегій застосування в умовах різних технологій вирощування.

Ключові слова: конверсія корму, середньодобовий приріст, пробіотики, пребіотики, бутирати, монензин.

Sychov M.Yu., Khodakivskiy I.O. Functional nutrition of calves during the milk-feeding period

The article analyses modern approaches to functional nutrition of calves during the milk-feeding period, with a focus on the use of probiotics, prebiotics, ionophores and butyric acid salts as instruments for increasing productivity and reducing morbidity. The aim of the work is to summarise and critically analyse the results of experimental studies on the effect of these feed additives on growth rates, feed efficiency, gastrointestinal microflora, rumen development and the frequency of digestive disorders in calves. The data from scientific publications systematised,



© Сичов М.Ю., Ходаківський І.О., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

the results of experiments with different feeding strategies, dosages and husbandry technologies compared, and the effectiveness of additives in production conditions assessed. The summary of the results showed that probiotics and prebiotics help to form the correct rumen microflora, enhance the colonisation resistance of the gastrointestinal tract and stimulate local immunity, which is accompanied by a reduction in the risk of diarrhea and an increase in average daily gain. The efficiency of these supplements depends on the strain of microorganisms, the dose, the duration of use, and the sanitary status of the farm. Monensin improves feed efficiency, optimises fermentation in the rumen by shifting the ratio of volatile fatty acids towards propionic acid, and reduces the risk of coccidiosis. Butyric acid salts (sodium butyrate and calcium butyrate) stimulate the proliferation of gastrointestinal epithelial cells, accelerate the morphofunctional development of the rumen, increase the height of the villi of the small intestine and improve the absorption of nutrients, which has a positive effect on growth rates before and after weaning. At the same time, the results of individual studies demonstrate variability in response to additives, which makes it necessary to carefully select the application scheme and economically justify the use of functional additives. Therefore, the targeted inclusion of probiotics, prebiotics, ionophores and butyrates in calf rearing programmes can significantly increase the efficiency and profitability of production, and further research should be aimed at optimising dosages and combined application strategies in different rearing technologies.

Key words: feed efficiency, average daily gains, probiotics, prebiotics, butyrates, monensin.

Актуальність теми дослідження. Актуальність дослідження зумовлена необхідністю підвищення ефективності вирощування телят у молочний період, який є критичним щодо формування продуктивності та збереженості молодняку. Порушення функціонування травної системи, зокрема діарея, залишаються основною причиною захворюваності та втрат у цей період. Використання функціональних кормових добавок (пробіотиків, пребіотиків, іонофорів і бутиратів) розглядається як перспективний інструмент покращення здоров'я та продуктивності тварин. Водночас варіабельність ефектів їх застосування зумовлює необхідність подальшого узагальнення та наукового обґрунтування оптимальних схем використання

Постановка проблеми. Незважаючи на значну кількість досліджень, ефективність використання функціональних кормових добавок у годівлі телят характеризується суперечливими результатами, що ускладнює їх практичне впровадження. Відсутність уніфікованих підходів до вибору типу добавок, їх дозування та способів застосування призводить до нестабільності отриманих продуктивних і фізіологічних ефектів. Крім того, недостатньо узагальнені дані щодо їхнього комплексного впливу на розвиток травної системи та здоров'я молодняку. Це обумовлює необхідність системного аналізу наукових результатів для визначення найбільш ефективних стратегій функціонального живлення телят.

Метою дослідження є узагальнення та критичний аналіз результатів наукових досліджень щодо впливу пробіотиків, пребіотиків, іонофорів та солей масляної кислоти на продуктивність, стан здоров'я і розвиток травної системи телят у молочний період вирощування

Методика досліджень. Методологічною основою роботи було узагальнення та критичний аналіз сучасних наукових досліджень, присвячених функціональному живленню телят у молочний період. Опрацьовано публікації щодо впливу пробіотиків, пребіотиків, іонофорів і солей масляної кислоти на продуктивність, конверсію корму, стан мікрофлори та розвиток шлунково-кишкового тракту.

Порівняльний аналіз проводили з урахуванням різних схем годівлі, дозувань, способів введення добавок і умов утримання. Ефективність оцінювали за продуктивними, фізіологічними та клінічними показниками, зокрема приростами, розвитком травної системи та частотою діареї, що дозволило визначити найбільш доцільні підходи до використання функціональних компонентів.

Дослідження проведено в рамках державної наукової теми Міністерства освіти і науки України 0126U000970.

Результати досліджень. Забезпечення вирощування здорових та високопродуктивних телят є ключовим чинником сталого розвитку молочного скотарства [1]. Найбільш критичними етапами в системі вирощування молодняку залишаються періоди до та під час відлучення, оскільки саме в цей час фіксуються найвищі рівні захворюваності й вибракування молодняку. За даними дослідження Міністерства сільського господарства США, проведеного у рамках національної системи моніторингу здоров'я тварин у 2014-2015 роках, рівень захворюваності у телят перед відлученням зменшився з 38,5 % до 33,8 %, а смертності – із 7,8 % до 5 %, порівняно з даними зафіксованими під час попереднього аналізу у 2007 році [2, 3]. Водночас, попри позитивну динаміку, порушення роботи травної системи й надалі залишаються основною причиною проблем зі здоров'ям і загибелі телят, становлячи близько 56 % усіх випадків захворюваності та 32 % від загальної кількості загибелі [3]. Існують різні функціональні добавки, такі як монензин, солі масляної кислоти, пробіотики, пребіотики тощо, які призначені для того, щоб підвищити продуктивність телят та покращити роботу травної системи і здоров'я загалом.

Пробіотики – це живі мікроорганізми ретельно відібраних штамів, які при вживанні в достатній кількості надають користь для здоров'я тварин (наприклад, зменшують частоту проявів діареї) [4]. Вони мають здатність регулювати баланс і активність мікрофлори шлунково-кишкового тракту і тому вважаються корисними для тварини-господаря і використовуються як функціональні кормові добавки. Негативні фактори, такі як обмеження в годівлі та незадовільні умови утримання, значно впливають на мікрофлору рубця телят. У таких стресових умовах мікроорганізми, що вводяться безпосередньо в корм, можуть використовуватися для зменшення ризику або тяжкості діареї, спричиненої порушенням нормального стану системи травлення. У той же час зазначається, що позитивні переваги пробіотиків можуть бути мінімальними у здорових телят, у яких мікрофлора рубця є відносно стабільною [5]. У ролі пробіотиків, які згодовують телятам, найчастіше виступають живі дріжджі, переважно *Saccharomyces cerevisiae*, дріжджові культури та бактеріальні пробіотики, такі як *Lactobacillus spp.*, *Enterococcus spp.* та *Bacillus spp.* [6]. Продукти з живими дріжджами – це ферментовані живі дріжджі, які були висушені, а дріжджові культури – це продукти ферментації дріжджів, які також включають середовище, в якому вони вирощуються. Незважаючи на те, що дріжджові культури класифікуються як пробіотики, вони також містять компоненти клітинної стінки та складові клітин, такі як β -глюкани та олігосахариди, які вважаються пребіотиками та мають різні біологічні функції, що сприяють ефектам, які чинять живі дріжджі [7].

В одному із мета-аналізів було проаналізовано вплив додавання живих дріжджів і дріжджових культур на споживання сухої речовини, яке показало, що тільки у 35 % випадків споживання збільшилося, тоді як у решті – не було ніяких відмінностей між дослідними і контрольними групами тварин. Те ж саме стосувалося і зв'язку між додаванням зазначених добавок і приростами маси тіла. Така реакція може бути пов'язана із різними причинами, зокрема, з різними штамми дріжджів, типом продукту, станом здоров'я тварин, способом введення (молоко або комбікорм) [7]. Найбільший позитивний вплив від додавання пробіотиків спостерігався у період дії різноманітних стресів: перед відлученням, після зміни раціону. Це відбувалося за рахунок правильного розвитку рубця і зменшення ризику колонізації патогенними мікроорганізмами [8].

В одному з досліджень оцінювали вплив додавання продуктів ферментації *Saccharomyces cerevisiae* на продуктивність і здоров'я телят протягом перших 63 днів життя. Телятам годувували комбікорм вволю, що містив 0,5 %, 1 % пробіотику у сухій речовині або не містив його взагалі (контроль). Також, телята у дослідних групах додатково отримували 1 г/гол/добу продукту із *Saccharomyces cerevisiae* разом із молоком до 30 дня. Маса тіла, споживання сухої речовини, параметри крові та окислювальні біомаркери не відрізнялися між групами. Додавання пробіотику знизило рівень діареї у телят у періоди до та після відлучення. Діарею визначали шляхом оцінювання калу від 1 до 4 балів, де 2 і більше означало, що у телят є діарея. Так, телята, які отримували пробіотик, мали менше днів з діареєю. Тож продукти із *Saccharomyces cerevisiae* можуть бути використані для зменшення ризику діареї у телят [6].

Інше дослідження теж показало позитивний вплив додавання пробіотиків (гідролізованих дріжджів) до складу комбікорму на здоров'я телят за рахунок зниження ризику діареї та позитивного впливу на гематологічні показники крові у новонароджених телят після вакцинації, хоча споживання сухої речовини і продуктивність не відрізнялася між групами [9].

Додавання *Saccharomyces cerevisiae boulardii* до замітника молока не вплинуло на показники росту та споживання корму. Проте телята з діареєю, які отримували вказані дріжджі, мали середньодобовий приріст подібний до тварин без діареї, тоді як тварини з діареєю з контрольної групи мали значно нижчий приріст порівняно зі здоровими тваринами з цієї ж групи [10].

Крім дріжджів у якості пробіотиків використовуються продукти із різними бактеріями, наприклад, *Lactobacillus spp.*, *Bifidobacterium spp.*, *Bacillus spp.* та *Enterococcus spp.* У телят перед відлученням їх використовують для поліпшення здоров'я, зменшення діареї та покращення показників росту. Додавання пробіотиків на основі бактерій обмежує проникнення патогенів у травну систему, забезпечуючи стабільне середовище для мікрофлори, тим самим підвищуючи ефективність травлення [7]. Так, введення *Lactobacillus rhamnosus GG* до складу замітника молока підвищило споживання сухої речовини та середньодобові прирости, ризик діареї був нижчим, порівняно з контрольною групою. Концентрації пропіонової та масляної кислот у рубці також були вищими у дослідній групі [11].

Додавання пробіотику до складу замітника молока, який містить суміш молочнокислих бактерій (*Lactobacillus casei* DSPV 318T, *Lactobacillus salivarius* DSPV 315T, *Pediococcus acidilactici* DSPV 006T) сприяло більш ранньому споживанню престартерного комбікорму і, тим самим, стимулювало розвиток рубця. Телята, яким давали цю добавку, мали кращі показники росту, що могло бути пов'язано з кращим перетравленням лактози та сироваткових білків [12]. Проте у наступному дослідженні із використанням цього ж пробіотику не було жодних відмінностей у показниках росту. Це вказує на те, що ефект від бактеріальних пробіотиків може бути досить мінливим і залежати від умов навколишнього середовища, стрес-факторів, впливу патогенних мікроорганізмів [13].

Щодо впливу на здоров'я, то згідно мета-аналізу, пробіотики на основі молочнокислих бактерій зменшували частоту діареї у телят [14].

Пробіотики – це добавки, які використовуються мікроорганізмами організму-господаря, надаючи йому користь для здоров'я. Вони, на відміну від пробіотиків, не є життєздатними, а виконують роль субстрату із поживними речовинами для інших мікроорганізмів [4, 15]. У молодяку великої рогатої худоби пребіотики впливають на ріст, конверсію корму та здоров'я. У ролі пребіотиків, які годують

телятам, найчастіше використовують олігосахариди та β -глюкани. Механізми дії пребіотиків малодосліджені на жуйних тваринах [7].

Найбільш поширеним пребіотиком є мананолігосахариди – похідні клітинної стінки дріжджів *Saccharomyces cerevisiae*. Цей пребіотик зв'язує та обмежує колонізацію патогенних мікроорганізмів, забезпечує підтримку імунітету та травлення [16]. Додавання мананолігосахаридів, згідно більшості досліджень, не впливає на показники продуктивності. Хоча у деяких дослідженнях і було виявлено підвищення споживання сухої речовини, це не відобразилося у показниках продуктивності, тому конверсія корму навпаки була гіршою за згодовування такого пребіотику [17, 18]. Переважна більшість досліджень була спрямована саме на визначення переваг для здоров'я від згодовування мананолігосахаридів. Так, згідно проведеного мета-аналізу, у 80 % досліджень прослідковувався позитивний ефект від додавання цього пребіотику [7]. Додавання мананолігосахаридів до складу молока або замітника молока знижує ризик прияву і тяжкість перебігу діареї у телят, у той же час не впливає на перебіг інших захворювань [19]. Деякі дослідники показали, крім зниження ризику діареї, підвищення продуктивності у тварин, які отримували пребіотик на основі мананолігосахаридів у кількості 4 г на голову на добу. Так, спостерігалось значне збільшення середньодобового приросту маси тіла, споживання та конверсії корму [20].

Згідно мета-аналізу, де досліджували вплив фруктоолігосахаридів, як пребіотиків, на показники продуктивності, у 57 % досліджень було виявлено збільшення показників росту, у 50 % – покращення конверсії корму [7]. Так, за додавання 3 або 6 г фруктоолігосахаридів на голову на добу до складу замітника молока, покращувалася конверсія корму та була вищою маса тварин наприкінці дослідження. Кращий ефект спостерігався саме за дозування у 6 г. Крім цього, у тварин, яким додавали пребіотик, спостерігалось збільшення кількості масляної кислоти, що могло сприяти кращому розвитку кишківника [21]. Результати інших досліджень із використанням фруктоолігосахаридів показали тенденцію до зменшення частоти діареї у телят, потреби у антибіотиках для лікування, а також зниження смертності із 16 % до 2 % [22, 23].

Монензин – це природний поліетерний антибіотик-іонофор, що виробляється *Streptomyces cinnamonensis*, дія якого полягає у селективному пригніченні грампозитивних бактерій, збільшуючи виробництво пропіонової кислоти та, відповідно, зміщуючи співвідношення оцтової до пропіонової кислот у бік останньої. Найчастіше згодовується у вигляді монензину натрію. У годівлі молодяку великої рогатої худоби ця добавка використовується для профілактики та боротьби з кокцидіозом і покращення конверсії корму. Це допомагає покращити енергетичну ефективність метаболізму в рубці. Телятам рекомендовано згодовувати монензин натрію у кількості, яка не перевищуватиме 200 мг/гол/добу [24, 25, 26, 27].

Різні дослідження вказують на позитивний вплив від згодовування монензину телятам на їх продуктивність. Так, згідно мета-аналізу введення цієї добавки до раціону молодяку із високим вмістом клітковини у середньому сприяло підвищенню середньодобового приросту більш ніж на 10 % порівняно із контролем (798,4 г проти 720 г). Відповідно, збільшувалася і кінцева маса тіла тварин, яким згодовували монензин, порівняно із тими, які не отримували добавки [27].

У різних дослідженнях вивчалися різні дозування монензину. Так, додавання цієї добавки у комбікорм у кількості 165 мг/кг при споживанні такого корму від 0,91 до 1,36 кг на добу збільшувало показник середньодобового приросту на 0,22 кг [28]. У іншому дослідженні бички отримували монензин у кількості

від 129 до 161 мг/гол/добу і це призвело до збільшення середньодобового приросту (0,72 кг і 0,85 кг у двох дослідних групах проти 0,55 кг у групі без монензину). Варто зазначити, що це дослідження проводилося протягом двох сезонів і різниця спостерігалася тільки в одному з них [29]. За згодовування монензину у різному вигляді (у складі мінеральної або протеїнової суміші) в обох випадках спостерігався позитивний вплив на середньодобовий приріст, який був вищим на 0,07-0,09 кг порівняно із контрольною групою, яка не отримувала добавку [30].

Інший мета-аналіз, присвячений впливу монензину на вирощування та відгодівлю худоби м'ясного напрямку продуктивності, показав покращення конверсії корму приблизно на 6,4 %, зменшення споживання сухої речовини на 3,0 % та збільшення середньодобового приросту на 2,5 %. Середня концентрація монензину в 1 кг корму становила 28,1 мг. Крім цього, зазначається, що зі збільшенням дози монензину, лінійно покращувалися і показники продуктивності. Проте за високого початкового середньодобового приросту ($> 1,17$ кг/добу) вплив від додаткового згодовування монензину був нижчим [31].

У публікаціях, описаних вище, досліджували вплив монензину на бичків м'ясного напрямку продуктивності. Додавання цієї добавки телятам молочного напрямку продуктивності не завжди мало значний позитивний вплив на їх ріст. Так, в одному із досліджень телятам голштинської породи згодовували комбікорм з монензином у кількості 50,8 мг/кг корму або без нього. Середньодобовий приріст у контрольній групі склав 0,70 кг, а у дослідній – 0,72 кг, тобто різниця була незначною. Конверсія корму (0,41 кг і 0,40 кг у контрольній і дослідній групі), а також споживання сухої речовини (0,97 кг і 0,96 кг у контрольній і дослідній групі) також були подібними між групами [32].

Щодо боротьби з кокцидіозом, то зазначається, що монензин у дозі 10-30 г/т комбікорму (що відповідає 100-200 мг/гол/добу) ефективно контролює це захворювання у молодняку великої рогатої худоби. Також дані вказують на те, що чутливість до монензину в першу чергу пов'язана зі щоденним споживанням добавки, а не з її концентрацією в раціоні. Крім цього, зазначається, що дозування у 200 мг/гол/добу монензину знижувало споживання сухої речовини на 5 %, проте це не позначалося на середньодобових приростах і здоров'ї [33, 34, 35].

Стимулювання виробництва масляної кислоти, яка є одним із основних продуктів ферментації вуглеводів у рубці, використовується з метою поліпшення розвитку передшлунка у телят [36]. Залежно від складу комбікорму її може вироблятися від 5 % до понад 20 % від загальної кількості летких жирних кислот. Додаткове прискорення розвитку шлунково-кишкового тракту, як передшлунків, так і нижніх його частин (сичуга, кишківника), можна досягти за допомогою кормових добавок, які містять у своєму складі масляну кислоту. Для цього можна використовувати солі масляної кислоти у різних формах (захищених – для кишківника або незахищених – для рубця). Згодовувати такі добавки можна як разом із рідким, так і з твердим кормом [37].

Відомо, що у жуйних тварин масляна кислота прискорює проліферацію клітин епітелію травного каналу. У одному із досліджень 3 групи телят отримували однаковий раціон, але 1 з них – без добавок, 2 – із додатковим згодовуванням пропіонової кислоти, 3 – із додатковим згодовуванням масляної кислоти. Між групами спостерігалися значні відмінності у довжині папіл епітелію рубця, яка збільшилася з 1,0 мм (контроль) до 2,2 мм (пропіонова кислота) і 4 мм (масляна кислота). Різниця між згодовуванням різних жирних кислот пояснювалася різними рівнями апоптозу (клітинної смерті), який для масляної кислоти був у 3 рази нижчим

порівняно з пропіоновою кислотою. Тому доведено, що масляна кислота є специфічним інгібітором апоптозу рубця. Це і сприяє кращому росту папіл рубця і, відповідно, більшій поверхні всмоктування поживних речовин [38]. Введення добавок масляної кислоти позитивно впливає на роботу шлунково-кишкового тракту, зменшує ризик розвитку діареї та підвищує продуктивність [39].

Як вже було зазначено, масляна кислота позитивно впливає не тільки на розвиток рубця, а й інших відділів травної системи. Було досліджено вплив натрій бутирату у складі замітника молока (3 г/кг сухої речовини) як альтернативи флавоміцину на показники росту телят. Додавання натрій бутирату підвищувало середньодобові прирости (1139 г/добу у групі із флавоміцином і 1177 г/добу у групі із натрій бутиратом) та покращувало конверсію корму (1,54 кг і 1,48 кг). Такі результати пов'язані із кращим розвитком шлунково-кишкового тракту у телят, яким згодовували натрій бутират [40].

Якщо говорити про метод введення солей масляної кислоти у раціон телят (у складі замітника молока чи престартерного комбікорму), то тут все залежить від цілей, які переслідуються. Додавання натрій бутирату до складу замітника молока у кількості 0,3 % позитивно вплинуло на масу тіла і середньодобовий приріст, сприяло зменшенню ризику діареї. Включення натрій бутирату до складу комбікорму у кількості 0,3 % збільшило споживання сухої речовини і теж зменшило ризик діареї. Введення натрій бутирату обома способами збільшило рівень глюкози в плазмі протягом усього періоду дослідження та масу рубця і розмір папіл [41].

У іншому дослідженні зазначено, що ефективне дозування натрій бутирату становить 3 % у сухої речовині раціону. За цього рівня спостерігалось зменшення споживання корму із одночасним покращенням показників росту за рахунок кращого використання поживних речовин [42].

Кальцій бутират є іншою сіллю масляної кислоти, вплив якої на продуктивність телят був досліджений. Додавання цієї добавки у склад комбікорму і молока телятам гоштинської породи не впливало на споживання сухої речовини, проте покращувало середньодобові прирости і конверсію корму [43]. Результати ще одного дослідження показали, що додавання захищеної форми кальцій бутирату до престартерного комбікорму для телят у кількості 4 кг/т мало значний вплив на ріст і розвиток телят, ймовірно, завдяки поліпшенню розвитку рубця і тонкого кишківника, перетравності корму та засвоєння поживних речовин.

У період до відлучення середньодобове споживання сухої речовини було подібним для телят, які отримували добавку у кількості 4 кг/т та 6 кг/т (649 г проти 688 г відповідно), і в обох випадках було більшим, ніж у телят контрольної групи (382 г). Середньодобовий приріст був значно вищим у телят, що отримували 4 кг/т, порівняно з телятами, що отримували 6 кг/т, або контрольними телятами ($0,83 \pm 0,03$ кг, $0,74 \pm 0,03$ кг і $0,71 \pm 0,03$ кг відповідно). Проміри тіла теж були більшими у телят, що отримували кальцій бутират у дозі 4 кг/т комбікорму. Після відлучення телята, які отримували 4 кг/т, та телята, які отримували 6 кг/т, також мали значно вищий середньодобовий приріст ($0,80 \pm 0,03$ кг, $0,85 \pm 0,03$ кг проти $0,70 \pm 0,03$ кг, відповідно), тому можна вважати, що ефект від додавання кальцій бутирату зберігся і після відлучення [44]. Інше дослідження також підтверджує позитивний вплив від додавання захищеного кальцій бутирату у престартерний комбікорм. Були групи, яким додавали кальцій бутират у дозі 3 г/гол/добу і 6 г/гол/добу. Їхні результати порівнювалися із контрольною групою без додавання добавки. Результати показали, що споживання корму, середньодобовий приріст маси тіла, конверсія корму та морфометричні параметри кишківника, включаючи висоту ворсинок

і глибину крипт, покращилися в дослідних групах. Крім того, додавання захищеного кальцію бутирату до престартерного комбікорму значно підвищило концентрацію глюкози та загального білка в сироватці крові [45].

Висновки та перспективи подальших досліджень. Використання функціональних добавок у годівлі телят у молочний період вирощування є важливим інструментом підвищення їхньої продуктивності та зниження рівня захворюваності, зокрема діареї. Аналіз наукових досліджень свідчить, що застосування пробіотиків і пребіотиків здатне позитивно впливати на формування мікрофлори травного тракту, імунний статус та зменшення частоти шлунково-кишкових розладів, хоча ефект може варіювати залежно від штаму, дози та умов утримання. Моне́нзин демонструє ефективність у покращенні конверсії корму, середньодобових приростів живої маси та профілактиці кокцидіозу, проте його дія залежить від типу годівлі та інтенсивності росту. Солі масляної кислоти, зокрема натрій і кальцій бутират, сприяють розвитку рубця та кишківника, підвищують ефективність використання поживних речовин і можуть знижувати ризик розвитку діареї. Узагальнені дані підтверджують доцільність стратегічного використання функціональних добавок саме у критичні періоди – до та під час відлучення. Водночас результати досліджень вказують на необхідність індивідуального підходу до вибору добавок, їх дозування та способу введення. Таким чином, інтеграція науково обґрунтованих функціональних компонентів у систему годівлі телят є перспективним напрямом підвищення ефективності молочного скотарства.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Invited Review: Nutritional regulation of gut function in dairy calves: From colostrum to weaning / A. J. Fischer et al. *Applied Animal Science*. 2019. Vol. 35, no. 5. P. 498–510. URL: <https://doi.org/10.15232/aas.2019-01887>
2. National Animal Health Monitoring System (U.S.). Dairy 2007: reference of dairy cattle health and management practices in the United States, 2007. Vol. 4. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Animal and Plant Health Inspection Service, Veterinary Services, National Animal Health Monitoring System, 2009.
3. Preweaned heifer management on US dairy operations: Part V. Factors associated with morbidity and mortality in preweaned dairy heifer calves / N. J. Urie et al. *Journal of Dairy Science*. 2018. Vol. 101, no. 10. P. 9229–9244. URL: <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14019>
4. Markowiak P., Śliżewska K. Effects of probiotics, prebiotics, and synbiotics on human health. *Nutrients*. 2017. Vol. 9, No. 9. Art. 1021. URL: <https://doi.org/10.3390/nu9091021>
5. Uyeno Y., Shigemori S., Shimosato T. Effect of probiotics/prebiotics on cattle health and productivity. *Microbes and environments*. 2015. Vol. 30, no. 2. P. 126–132. URL: <https://doi.org/10.1264/jsme2.me14176>
6. Effects of *Saccharomyces cerevisiae* fermentation products on dairy calves: performance and health / G. M. Alugongo et al. *Journal of dairy science*. 2017. Vol. 100, no. 2. P. 1189–1199. URL: <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11399>
7. Invited Review: strategic use of microbial-based probiotics and prebiotics in dairy calf rearing / L. R. Cangiano et al. *Applied animal science*. 2020. Vol. 36, no. 5. P. 630–651. URL: <https://doi.org/10.15232/aas.2020-02049>
8. Chaucheyras-Durand F., Durand H. Probiotics in animal nutrition and health. *Beneficial microbes*. 2010. Vol. 1, no. 1. P. 3–9. URL: <https://doi.org/10.3920/bm2008.1002>
9. Effects of hydrolyzed yeast supplementation in calf starter on immune responses to vaccine challenge in neonatal calves / M. H. Kim et al. *Animal*. 2011. Vol. 5, no. 6. P. 953–960. URL: <https://doi.org/10.1017/s1751731110002673>
10. *Saccharomyces cerevisiae* boulardii CNCM I-1079 affects health, growth, and

fecal microbiota in milk-fed veal calves / C. Villot et al. *Journal of dairy science*. 2019. Vol. 102, no. 8. P. 7011–7025. URL: <https://doi.org/10.3168/jds.2018-16149>

11. Growth, health, rumen fermentation, and bacterial community of Holstein calves fed *Lactobacillus rhamnosus* GG during the preweaning stage / L. Zhang et al. *Journal of animal science*. 2019. Vol. 97, no. 6. P. 2598–2608. URL: <https://doi.org/10.1093/jas/skz126>

12. Lactic acid bacteria to improve growth performance in young calves fed milk replacer and spray-dried whey powder / L. S. Frizzo et al. *Animal feed science and technology*. 2010. Vol. 157, no. 3-4. P. 159–167. URL: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2010.03.005>

13. Effect of lactic acid bacteria and lactose on growth performance and intestinal microbial balance of artificially reared calves / L. S. Frizzo et al. *Livestock science*. 2011. Vol. 140, no. 1-3. P. 246–252. URL: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2011.04.002>

14. Impact of probiotic administration on the health and fecal microbiota of young calves: a meta-analysis of randomized controlled trials of lactic acid bacteria / M. L. Signorini et al. *Research in veterinary science*. 2012. Vol. 93, no. 1. P. 250–258. URL: <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2011.05.001>

15. Expert consensus document: The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of prebiotics / G. R. Gibson et al. *Nature reviews gastroenterology & hepatology*. 2017. Vol. 14, no. 8. P. 491–502. URL: <https://doi.org/10.1038/nrgastro.2017.75>

16. A review of 733 published trials on bio-mos®, a mannan oligosaccharide, and actigen®, a second generation mannose rich fraction, on farm and companion animals. / P. Spring et al. *Journal of applied animal nutrition*. 2015. Vol. 3. URL: <https://doi.org/10.1017/jan.2015.6>

17. Heinrichs A. J., Jones C. M., Heinrichs B. S. Effects of mannan oligosaccharide or antibiotics in neonatal diets on health and growth of dairy calves. *Journal of dairy science*. 2003. Vol. 86, no. 12. P. 4064–4069. URL: [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(03\)74018-1](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(03)74018-1)

18. Effects of mannan oligosaccharides on performance and microorganism fecal counts of calves following an enhanced-growth feeding program / M. Terré et al. *Animal feed science and technology*. 2007. Vol. 137, no. 1-2. P. 115–125. URL: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.11.009>

19. Heinrichs A. J., Heinrichs B. S., Jones C. M. Fecal and saliva IgA secretion when feeding a concentrated mannan oligosaccharide to neonatal dairy calves. *The professional animal scientist*. 2013. Vol. 29, no. 5. P. 457–462. URL: [https://doi.org/10.15232/s1080-7446\(15\)30266-7](https://doi.org/10.15232/s1080-7446(15)30266-7)

20. Ghosh S., Mehla R. K. Influence of dietary supplementation of prebiotics (mannan oligosaccharide) on the performance of crossbred calves. *Tropical animal health and production*. 2011. Vol. 44, no. 3. P. 617–622. URL: <https://doi.org/10.1007/s11250-011-9944-8>

21. Effects of short-chain fructooligosaccharides on growth performance of preruminant veal calves / E. Grand et al. *Journal of dairy science*. 2013. Vol. 96, no. 2. P. 1094–1101. URL: <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4949>

22. Quigley J. D., Kost C. J., Wolfe T. A. Effects of spray-dried animal plasma in milk replacers or additives containing serum and oligosaccharides on growth and health of calves. *Journal of dairy science*. 2002. Vol. 85, no. 2. P. 413–421. URL: [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(02\)74089-7](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(02)74089-7)

23. Evaluation of serum protein-based arrival formula and serum protein supplement (Gammulin) on growth, morbidity, and mortality of stressed (transport and cold) male dairy calves / A. Pineda et al. *Journal of dairy science*. 2016. Vol. 99, no. 11. P. 9027–9039. URL: <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11237>

24. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Monensin [Electronic resource]. Rome: FAO. 2009. URL: <https://www.fao.org/food/food-safety-quality/scientific-advice/jecfa/jecfa-vetdrugs/details/en/c/95/>

25. Nutrient requirements of dairy cattle. Washington, D.C. : National Academies Press, 2021. URL: <https://doi.org/10.17226/25806>
26. Schelling G. T. Monensin mode of action in the rumen. *Journal of animal science*. 1984. Vol. 58, no. 6. P. 1518. URL: <https://doi.org/10.2527/jas1984.5861518x>
27. Meta-analysis of the effects of monensin on growth and bloat of cattle on pasture / S. Gadberry et al. *Translational animal science*. 2022. URL: <https://doi.org/10.1093/tas/txac031>
28. Designing supplements for stocker cattle grazing wheat pasture, / G. W. Horn et al. *Journal of animal science*. 2005. Vol. 83, suppl_13. P. E69–E78. URL: https://doi.org/10.2527/2005.8313_supple69x
29. Fieser B. G., Horn G. W., Edwards J. T. Effects of energy, mineral supplementation, or both, in combination with monensin on performance of steers grazing winter wheat pasture1. *Journal of animal science*. 2007. Vol. 85, no. 12. P. 3470–3480. URL: <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0127>
30. Additive effects of growth promoting technologies on performance of grazing steers and economics of the wheat pasture enterprise1 / P. Beck et al. *Journal of animal science*. 2014. Vol. 92, no. 3. P. 1219–1227. URL: <https://doi.org/10.2527/jas.2013-7203>
31. Duffield T. F., Merrill J. K., Bagg R. N. Meta-analysis of the effects of monensin in beef cattle on feed efficiency, body weight gain, and dry matter intake. *Journal of animal science*. 2012. Vol. 90, no. 12. P. 4583–4592. URL: <https://doi.org/10.2527/jas.2011-5018>
32. Feeding a calf starter containing monensin alone or in combination with an oregano, and cobalt blend to Holstein calves / J. Wu et al. *Journal of animal science*. 2020. Vol. 98, no. 7. URL: <https://doi.org/10.1093/jas/skaa214>
33. Efficacy of monensin fed to cattle inoculated with coccidia oocysts / L. E. Watkins et al. *American association of bovine practitioners conference proceedings*. 1985. P. 182–185. URL: <https://doi.org/10.21423/aabppro19857058>
34. Experimental bovine coccidiosis: control with monensin / B. E. Stromberg et al. *Veterinary parasitology*. 1986. Vol. 22, no. 1-2. P. 135–140. URL: [https://doi.org/10.1016/0304-4017\(86\)90015-4](https://doi.org/10.1016/0304-4017(86)90015-4)
35. Pritchard R. H., Thomson J. U. Optimum monensin levels in feeder calf receiving diets. *South Dakota beef report. Brookings: South Dakota State University Cooperative Extension Service*. 1993. URL: https://openprairie.sdstate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1015&context=sd_beefreport_1993
36. Bergman E. N. Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal tract in various species. *Physiological reviews*. 1990. Vol. 70, no. 2. P. 567–590. URL: <https://doi.org/10.1152/physrev.1990.70.2.567>
37. Invited review: use of butyrate to promote gastrointestinal tract development in calves / P. Górka et al. *Journal of dairy science*. 2018. Vol. 101, no. 6. P. 4785–4800. URL: <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14086>
38. Butyric acid stimulates rumen mucosa development in the calf mainly by a reduction of apoptosis / J. Mentschel et al. *Archiv für Tierernaehrung*. 2001. Vol. 55, no. 2. P. 85–102. URL: <https://doi.org/10.1080/17450390109386185>
39. From the gut to the peripheral tissues: the multiple effects of butyrate / P. Guilloteau et al. *Nutrition research reviews*. 2010. Vol. 23, no. 2. P. 366–384. URL: <https://doi.org/10.1017/s0954422410000247>
40. Sodium-butyrate as a growth promoter in milk replacer formula for young calves / P. Guilloteau et al. *Journal of dairy science*. 2009. Vol. 92, no. 3. P. 1038–1049. URL: <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1213>
41. Effect of method of delivery of sodium butyrate on rumen development in newborn calves / P. Górka et al. *Journal of dairy science*. 2011. Vol. 94, no. 11. P. 5578–5588. URL: <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4166>

42. Ślusarczyk K., Strzetelski J., Furgał-Dierżuk I. The effect of sodium butyrate on calf growth and serum level of β -hydroxybutyric acid. *Journal of animal and feed sciences*. 2010. T. 19, № 3. С. 348–357. URL: <https://doi.org/10.22358/jafs/66298/2010>
43. Effect of Ca-butyrate and Oleobiotec (a flavouring agent) supplemented starter on the performance of Holstein dairy calves / A. R. Davarmanesh et al. *The journal of agricultural science*. 2015. Vol. 153, no. 8. P. 1506–1513. URL: <https://doi.org/10.1017/s0021859615000726>
44. Novel encapsulated calcium butyrate supplement enhances on-farm dairy calf growth performance and body conformation in a pasture-based dairy production system / A. E. O. Malau-Aduli et al. *Animals*. 2020. Vol. 10, no. 8. P. 1380. URL: <https://doi.org/10.3390/ani10081380>
45. Impact of graded levels of coated calcium butyrate on growth performance and serological indices during pre-weaning stage in Holstein calves / A. Rahman et al. *Tropical animal health and production*. 2023. Vol. 55, no. 5. URL: <https://doi.org/10.1007/s11250-023-03768-0>

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 636.085:636.2.034

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.3.28>

ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО АНАЛІЗУ КОРМІВ У ВИРОБНИЦТВІ МОЛОКА

Скоромна О.І. – к.с.-г.н.,*доцент кафедри технології виробництва та переробки продукції тваринництва,
Вінницький національний аграрний університет**orcid.org/0000-0003-1332-5579***Голубенко Т.Л.** – к.с.-г.н., доцент,*завідувач кафедри технології виробництва та переробки продукції тваринництва,
Вінницький національний аграрний університет**orcid.org/0000-0003-1427-3950***Разанова О.П.** – к.с.-г.н.,*доцент кафедри технології виробництва та переробки продукції тваринництва,
Вінницький національний аграрний університет**orcid.org/0000-0001-5552-9356*

Сучасна оцінка кормової цінності трав різних фаз вегетації базується на зоотехнічному аналізі, який включає визначення вологості, вмісту золи, сирого протеїну, жиру, сиров'язної та кислото-детергентної клітковини, лігніну, безазотистих екстрактивних речовин, а біологічна оцінка характеризується доповненням визначення вмісту сумарної кислотності органічних кислот, що є досить вагомим показником наявності біологічно активних речовин у рослині та в кінцевому результаті – кормі. Дослідження якості раціону годівлі корів здійснювались у продукції молока через оцінку 1 кг сухих речовин зеленої маси люцерни у фазу ранньої вегетації, бутонізації, початку й середини цвітіння. В 1 кг сухих речовин зеленої маси люцерни ранньої вегетації міститься 25,4% сирого протеїну, тобто 254 г. В 1 кг сирого протеїну вміст валової енергії становить 24 МДж. В 1 кг клітковини міститься валової енергії 20 МДж, тоді в 260 г структурних вуглеводів (сирого клітковини з геміцелюлозою) вміст валової енергії буде становити 5,20 МДж. Відношення валової енергії сирого протеїну 6,1 МДж до валової енергії сиров'язної клітковини з геміцелюлозою 5,20 МДж буде складати 1,17, і при множенні цього відношення на 3,1 МДж енергії, що міститься в 1 л молока, продукція молока буде становити 3,6 л. Даний рівень взято за 100% (базовий), оскільки вміст сиров'язної клітковини в раціоні є мінімальним (17,0%). Для визначення вмісту сечовини в цільному молоці береться 0,3 мл проби молока (у трьох паралелях) та додається 3,0 мл дистильованої води і послідовно по 0,3 мл спиртового розчину диметилгіоксиму та 3 мл розчину тіосемікарбазиду в 5-процентній за об'ємом сірчаній кислоті. Проби інкубують у кип'ячій водянній бані протягом 15 хвилин. По закінченні кип'ятіння проби охолоджують і фільтрують крізь паперовий фільтр. Прозорий фільтрат яскравого червоно-пурпурового кольору колориметрується при 530 нм у 10-мм кюветі. Для перерахунку оптичної щільності в ммоль/л або мг% сечовини будується калібрувальна крива з розведенням 1-молярного розчину сечовини. Після проведення 4-х контрольних надойів від 10-ти облікових корів із кожної групи та валового надою молоко від 30 корів усіх 3-х груп було встановлено, що найвищу молочну продуктивність мали корови II групи, які одержували додатково до основного раціону 1 кг макухи соєвої, а найнижчу – корови III групи, які одержували додатково 1 кг сої експандованої. Аналогічними були й показники валового надою в кожній групі.

Ключові слова: годівля, корма, раціон, молоко, силос, сінаж, сирий протеїн, зелена маса люцерни, ВРХ, надій.



© Скоромна О.І., Голубенко Т.Л., Разанова О.П., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Skoromna O.I., Golubenko T.L., Razanova O.P. Innovative approaches to feed analysis in milk production

The modern assessment of the feed value of grasses of different phases of vegetation is based on zootechnical analysis, which includes the determination of moisture, ash content, crude protein, fat, crude and neutral and acid-detergent fiber, lignin, nitrogen-free extractives, and the biological assessment is characterized by the addition of the determination of the content of total acidity of organic acids, which is a fairly significant indicator of the presence of biologically active substances in the plant and in the final result - feed. Studies of the quality of cow feeding rations were carried out in milk production through the assessment of 1 kg of dry matter of green mass of alfalfa in the phase of early vegetation, budding, beginning and middle of flowering. 1 kg of dry matter of green mass of alfalfa of early vegetation contains 25.4% of crude protein, i.e. 254 g. The gross energy content in 1 kg of crude protein is 24 MJ. 1 kg of fiber contains 20 MJ of gross energy, then 260 g of structural carbohydrates (crude fiber with hemicellulose) will have a gross energy content of 5.20 MJ. The ratio of the gross energy of crude protein of 6.1 MJ to the gross energy of crude fiber with hemicellulose of 5.20 MJ will be 1.17, and when this ratio is multiplied by the 3.1 MJ of energy contained in 1 liter of milk, the milk production will be 3.6 liters. This level is taken as 100% (baseline), since the content of crude fiber in the diet is minimal (17.0%). To determine the urea content in whole milk, 0.3 ml of a milk sample is taken (in triplicate) and 3.0 ml of distilled water are added, followed by 0.3 ml of an alcoholic solution of dimethylglyoxime and 3 ml of a solution of thiosemicarbazide in 5% by volume sulfuric acid. The samples are incubated in a boiling water bath for 15 minutes. After boiling, the samples are cooled and filtered through a paper filter. The clear filtrate of bright red-purple color is colorimetrically measured at 530 nm in a 10-mm cuvette. To convert the optical density to mmol/l or mg% of urea, a calibration curve is constructed with the dilution of a 1-molar urea solution. After conducting 4 control milkings from 10 registered cows from each group and gross milk yield from 30 cows from all 3 groups, it was found that the highest milk yield was in cows of group II, which received 1 kg of soybean meal in addition to the main diet, and the lowest was in cows of group III, which received 1 kg of expanded soybeans in addition. Gross milk yield indicators in each group were similar.

Key words: feeding, feed, ration, milk, silage, hay, crude protein, green mass of alfalfa, cattle, hope.

Постановка проблеми. Годівля великої рогатої худоби є одним із ключових аспектів сучасного тваринництва, що значною мірою визначає рівень продуктивності, здоров'я тварин та якість отримуваної продукції. Успішне ведення молочного та м'ясного скотарства неможливе без глибокого розуміння ролі кормів у раціоні тварин. Кормовий раціон впливає не лише на фізіологічні процеси в організмі худоби, але й на економічну ефективність господарства.

У світлі інтенсифікації виробництва та зростання потреб у високоякісній тваринницькій продукції постає завдання забезпечення тварин кормами, які максимально відповідають їхнім потребам на різних стадіях розвитку. Крім того, екологічні та економічні аспекти годівлі стають дедалі важливішими, вимагаючи від науковців і практиків нових підходів до формування раціонів і оцінки якості кормів [2].

Ефективне управління годівлею великої рогатої худоби є основою успішного тваринництва, безпосередньо впливаючи на продуктивність тварин, якість продукції та економічну стійкість господарств. Традиційні методи оцінки кормів, що базуються переважно на хімічному аналізі та вмісті основних поживних речовин, поступово втрачають свою актуальність через зростання вимог до якості кормів і підвищення продуктивності тварин. Це обумовлює необхідність пошуку та впровадження нових, більш досконалих підходів до оцінки кормів, які враховують складні біологічні процеси в організмі тварин та їх взаємодію з кормами [5].

Відомі методи оцінки кормів за показниками сирого протеїну, жиру, цукрів, сирової клітковини, кормових одиниць, обмінної, перетравної і чистої енергії лактації та інші. Основою сучасних методів оцінки кормів є обмінна енергія з урахуванням сирової клітковини корму, проте в такій оцінці є певні розбіжності. Метод

оцінки кормів, розроблений з урахуванням сирової клітковини разом з геміцелюлозою цього ж корму в продукції молока, є абсолютно іншим методом, тобто враховує синтез білка молока, що відбувається тільки з амінокислот протеїну корму і бактеріального білка біомаси рубця, у синтезі якого використовуються небілкові інгредієнти корму. При перетворенні амінокислот сирового протеїну корму в будь-які види енергії зворотній синтез амінокислот із енергії не відбувається, тому оцінка корму в продукції молока за валовим вмістом енергії сирового протеїну в кормі й структурних вуглеводів сирової клітковини з геміцелюлозою є біохімічно обґрунтованою [8].

Суть запропонованого нового методу оцінки кормів у продукції молока 1 кг сухих речовин корму виражається добутком 3,1 МДж енергії 1 л молока на відношення валової енергії сирового протеїну корму до валової енергії сирової клітковини раціону (%) з геміцелюлозою в кількості 1/2 сирової клітковини від оцінюваного корму. Зазначена кількість геміцелюлози не розщеплюється в рубці, а вона структурно поєднана з целюлозою сирової клітковини [3].

Такий метод оцінки кормів у продукції молока полягає в тому, щоб врахувати волокна геміцелюлози при розрахунках вмісту енергії клітковини в раціонах, оскільки зазначена геміцелюлоза не розщеплюється в рубці, бо вона поєднана з целюлозою сирової клітковини оцінюваного корму. Фактором, що підтверджує достовірність, доцільність і ефективність оцінки кормів у продукції молока, є витрати сирового протеїну на утворення 1 л молока. Високий рівень використання сирового протеїну на синтез білка молока є характерним для концентрованих кормів при використанні їх у годівлі високопродуктивних корів. Метод використання валової енергії сирового протеїну і структурних вуглеводів для визначення продуктивної дії корму при годівлі корів запропоновано вперше, адже геміцелюлоза – це волокнисті вуглеводи, як і сира клітковина, тому роль її в раціонах тварин і процесах травлення є аналогічною сирій клітковині. Звідси виходить, що геміцелюлоза як волокнистий [7].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Продуктивність корів визначає успішність молочного та м'ясного скотарства. Одним із основних чинників, що впливають на рівень продуктивності, є порода тварин. Кожна порода великої рогатої худоби має свої унікальні генетичні особливості, які визначають її здатність до виробництва молока, набору ваги, а також стійкість до захворювань та пристосованість до різних умов утримання [11, 16].

Сучасна оцінка кормової цінності трав різних фаз вегетації базується на зоотехнічному аналізі, який включає визначення вологості, вмісту золи, сирового протеїну, жиру, сирової і нейтрально- та кислото-детергентної клітковини, лігніну, безазотистих екстрактивних речовин, а біологічна оцінка характеризується доповненням визначення вмісту сумарної кислотності органічних кислот, що є досить вагомим показником наявності біологічно активних речовин у рослин та в кінцевому результаті – кормі [1].

Упродовж багатьох років корми аналізуються хімічними методами, розробленими на станції Вінде в Німеччині. Корми оцінюються за шістьма наступними показниками: вологість (вода та леткі сполуки), зола (мінеральні елементи), сирий протеїн (білки, амінокислоти й небілковий азот), ефірний екстракт (жири, масла, воски, смоли, пігменти), сира клітковина (целюлоза), безазотисті екстрактивні речовини (БЕР) (крохмаль, цукри, пектини, геміцелюлоза, лігнін) [12, 15].

У сучасних умовах зростає потреба у вдосконаленні критеріїв оцінки якості силосу, що враховують більш широкий спектр показників, включаючи біологічну

активність, наявність вторинних метаболітів, ферментативну активність та вплив на мікрофлору рубця. Такі нові підходи дозволяють точніше прогнозувати кормову цінність силосу та його продуктивну дію, що є надзвичайно важливим для досягнення високих показників у тваринництві [8].

Відомо, що зелені корми при скошуванні кормових культур в оптимальну фазу розвитку мають високу перетравність сухої і органічної речовини, а при скошуванні в пізніші фази та з порушенням технології заготівлі корми мають значно нижчу перетравність. Причини зниження перетравності різні: це перш за все підвищення в кормі вмісту сирової чи кислотно-детергентної клітковини й лігніну та зменшення вмісту сирого протеїну. Поряд із цим у зеленій масі кормових культур перед скошуванням міститься значна кількість органічних кислот, зокрема яблучної, лимонної та ін. Більшість із них у рослинах знаходиться у вигляді одновалентних солей калію або двовалентних кальцію. Органічні кислоти накопичуються в молодій траві, що інтенсивно росте, і значно знижуються при її дозріванні [4, 14].

Експериментально обґрунтовано нові критерії оцінки якості силосу з кукурудзи. До показників доброякісного силосу, а саме: рН, загальна кислотність, уміст молочної, оцтової та масляної кислот та аміаку включати і перетравність сухих речовин на тваринах, а також проводити визначення бактеріального білка, як важливого фактору впливу молочно і пропіоновокислих бактерій біоконсервантів на біологічну цінність білка корму, що є критерієм оцінки біологічних консервантів на здатність стимулювання приросту бактеріального білка в силосі [6, 10].

Постановка завдання. Метою дослідження було вивчення інноваційних підходів до аналізу кормів у виробництві молока.

Виклад основного матеріалу дослідження. У сучасному тваринництві забезпечення високої продуктивності корів є однією з основних задач, що стоять перед аграрними підприємствами. Однак для досягнення оптимальних результатів недостатньо просто забезпечити тварин якісним кормом – необхідно точно оцінювати його вплив на продукцію молока. Традиційні методи оцінки кормів часто не враховують комплексного впливу різних компонентів раціону на кількість та якість молока, що виробляється. Тому виникає потреба у впровадженні нових підходів, які дозволять отримувати більш точні та релевантні дані.

До відомих методів оцінки кормів відносять хімічний аналіз з визначенням сирого протеїну, жиру, цукрів, сирової клітковини, вівсяні і ячмінні кормові одиниці, валову, обмінну, перетравну і чисту енергію лактації та інші. Порівняння показників умісту обмінної енергії в грубих і концентрованих кормах, за даними різних авторів, зумовлюють розбіжності в такій оцінці. Зокрема, ячмінна і пшенична солома містять 5,6 і 4,7 МДж обмінної енергії відповідно, а 1 кг зерна вівся містить 9,0 МДж, тоді як у солomі вміст сирого протеїну низький, крохмалю зовсім немає, а цукрів – лише сліди. Трaва пажитниці містить 6,3 МДж чистої енергії лактації, сіно лугове – 4,6 МДж, дерть ячмінна – 8, кормові буряки – 7,6, солома пшенична – 3,5, шрот ріпакoвий – 7,3 МДж [7, 13], а продукція молока за сирим протеїном кормів є протилежною щодо чистої енергії лактації.

На основі проведеного аналізу вмісту обмінної енергії в кормах, енергетичної кормової одиниці й чистої енергії лактації випливає висновок про необхідність розробки нового принципу оцінки кормів у продукції молока.

В основу сучасних систем живлення корів і відгодівельної худоби [2, 14] покладено визначення їхньої потреби в обмінній, або метаболічній енергії (MEmetabolizable energy), і чистій енергії (KE – net energy), яка витрачається на окремі функції – підтримання (Em), відкладання (ріст і жирутворення – Eg) і лактації (El), основи якої

розроблені в Англії. Вміст обмінної енергії в кормах у системі ARC визначається в годівельних дослідах, а вміст чистої енергії – респіраційним або калориметричним методом. Ці два показники – уміст обмінної енергії в кормах і її доступність, яка виражена в чистій енергії – поєднані з визначенням ефективності використання чистої енергії в раціонах різного типу на підтримання, ріст, лактацію.

У більшості країн з розвинутим тваринництвом система крохмальних еквівалентів була замінена новими показниками оцінки поживності кормів на підставі прямого (або непрямого) обліку обмінної енергії кормів і її використання для різних функцій організму чи для утворення продукції твариною.

В Україні, була прийнята «вівсяна» кормова одиниця, яка за поживністю прирівнюється до 1 кг вівса або 0,6 крохмального еквівалента Кельнера, а за продуктивною дією відповідає 150 г жиру, або 5,85 МДж продукції енергії в тілі дорослого вола, що припинив свій ріст, або 2-2,5 л молока, або 6-6,5 МДж чистої (продуктивної) енергії для корови в період лактації. Відповідно забезпечує теплообмін 100 кг маси тіла чи одержання 350 кДж в яйці. До основних недоліків системи крохмальних еквівалентів (а отже вівсяних кормових одиниць) відносять те, що вона базується на принципі постійної і незмінної продуктивної дії. Поряд із цим 1 кг вівса не може забезпечити одержання 2,0-2,5 кг молока за сирим протеїном у складі раціону корів різного рівня продуктивності з різним вмістом сирової клітковини [6].

Енергетична поживність об'ємистих кормів за системою крохмальних еквівалентів недооцінювалась, а концентратів – переоцінювалась.

Замість крохмального еквівалента була запропонована енергетична кормова одиниця. Проте, попри ретельне опрацювання системи такої оцінки кормів, вона не одержала визнання. Сучасні досягнення в області годівлі жуйних тварин призвели до диференціації системи оцінки: чиста енергія лактації та чиста енергія приросту живої маси. Відомі методики визначення обмінної енергії за рівняннями регресії для кожного виду тварин (велика рогата худоба, вівці, коні, свині та птиця).

Метод визначення обмінної енергії корму за даними його хімічного аналізу – найдоступніший, оскільки не потребує проведення прямих дослідів на тваринах. Валову енергію корму визначають за сумою енергії органічних речовин. В основу розробленого методу визначення вмісту обмінної енергії в різних видах кормів покладено зменшення вмісту валової енергії через знижувальний вплив сирової клітковини, золи і геміцелюлози на енергетичну поживність у процесі перетравлення поживних речовин корму. Адже структурні вуглеводи стінки рослинної клітини – це асоціація геміцелюлози із целюлозою, яка підтримується за допомогою водневих зв'язків і забезпечує їх взаємодію з лігніном, цукрами й фенолами. Якщо не враховувати знижувального впливу геміцелюлози поряд із таким впливом сирової клітковини на перетравність основних поживних речовин у шлунково-кишковому каналі тварин, то вміст ОЕ в кормах буде завищеним [1, 16].

Отже, наведені різні способи оцінки кормів у кормових одиницях (вівсяних, ячмінних (скандинавських) і енергетичних кормових одиницях, обмінній енергії, чистій енергії лактації, а також у крохмальних еквівалентах мають істотні недоліки, оскільки не містять оцінки кормів у продукції молока (л) за різного вмісту в них сирового протеїну та сирової клітковини. Синтез білка молока відбувається тільки з амінокислот протеїну корму і бактеріального білка біомаси рубця. У синтезі молока використовуються також небілкові інгредієнти корму. При перетворенні амінокислот сирового протеїну корму в будь-які види енергії зворотнього синтезу амінокислот із енергії не відбувається. Отже, оцінка корму в продукції молока за рахунок сирового протеїну є об'єктивною.

Розроблені методи оцінки кормів і раціонів у молочних протейнових, вуглеводних і енергетичних одиницях для корів різного рівня продуктивності та методики оцінки кормів і раціонів у продукції молока за сирим протейном, крохмалем із цукром і сухими речовинами для корів різного рівня продуктивності при апробації у виробництві виявилися не досконалими.

Під час визначення сирої клітковини в кормах структурні вуглеводи геміцелюлози під дією сірчаної кислоти, а потім лугу, переходять у розчин, а тому їх зараховують до складу БЕР. У розробленій методиці при визначенні обмінної енергії в кормах до сирої клітковини додається вміст геміцелюлози й сира зола. В об'ємистих кормах геміцелюлоза становить 1/2, тобто половину від вмісту сирої клітковини, для концентрованих кормів – однакову кількість із сирою клітковиною і для соломи частка геміцелюлози становить 2/3 від кількості БЕР.

Включення валової енергії геміцелюлози в кількості 1/2 від вмісту сирої клітковини до загальної валової енергії із сирою клітковиною обґрунтовується участю сумарної кількості структурних вуглеводів у їх депресивній дії при розщепленні протейну й синтезу мікробного білка в рубці та розщепленні в кишечнику. У такому разі виникає питання: чому враховується тільки 1/2 вмісту геміцелюлози від вмісту сирої клітковини в зеленій масі люцерни різних фаз вегетації? Така кількість геміцелюлози не розщеплюється в рубці та структурно поєднана з целюлозою сирої клітковини.

Целюлоза й геміцелюлоза мають різну структуру. Залишки глюкози й галактози в геміцелюлозах відщеплюються значно швидше, ніж пентозні компоненти. Зв'язки з арабінозою також легше піддаються розщепленню, ніж ксилоні полімери. Це може бути зумовлено відносно високою арабінозоздатною активністю бактерій рубця чи меншою стабільністю α -1-3- зв'язку між ксилозою і арабінозою бокового ланцюга в порівнянні зі стабільністю В-1-4-зв'язку ксилозового бокового ланцюга.

Ферментація целюлози з геміцелюлозою та сирого протейну з одночасним синтезом мікробної біомаси й бактеріального протейну, зокрема, знаходяться у взаємозалежності, тому відношення валової енергії сирого протейну до валової енергії сумарної кількості структурних вуглеводів (сирої клітковини з геміцелюлозою) пояснюється тим, що протейн є домінантним фактором в утворенні молока, а структурні вуглеводи – це джерело енергії, і в процесі синтезу вони виконують роль тільки інгібітору.

Відношення валової енергії сирого протейну в чисельнику до валової енергії структурних вуглеводів в знаменнику показує, що зі збільшенням показників знаменника зменшується основна роль чисельника і навпаки. Такий взаємозв'язок відношення валової енергії сирого протейну до валової енергії сирої клітковини раціону з геміцелюлозою досліджуваного корму, помноженому на 3,1 МДж енергії 1 л молока, виражається продукцією молока 1 кг сухих речовин проаналізованого корму. Факторами контролю об'єктивності врахування геміцелюлози досліджуваного корму в сумарній кількості структурних вуглеводів є витрати сирого протейну на утворення 1 л молока.

Суть запропонованого нового методу оцінки кормів у продукції молока 1 кг сухих речовин корму виражається формулою:

$$\text{ПМ} = 3,1 \times \text{ВЕ}_{\text{сп}} \text{ВЕ}_{\text{ск}} ; (\text{л/кг СР корму}),$$

де ПМ – продукція молока, л; 3,1 – енергія 1 л молока (стала величина); $\text{ВЕ}_{\text{сп}}$ – валова енергія сирого протейну, г; $\text{ВЕ}_{\text{ск}}$ – валова енергія сирої клітковини з геміцелюлозою (ГМЦ).

Даний метод оцінки кормів у продукції молока (л) підтверджується результатами досліджень. Для дослідження взяті типові раціони для корів із вмістом 17,0; 23,0; 26,0; 30 і 32% сирової клітковини і ці ж раціони з включенням геміцелюлози в кількості 1/2 від вмісту сирової клітковини в оцінюваному кормі й одержанням валової енергії сумарної кількості структурних вуглеводів.

Дослідження якості раціону годівлі корів здійснювались у продукції молока через оцінку 1 кг сухих речовин зеленої маси люцерни у фазу ранньої вегетації, бутонізації, початку й середини цвітіння. В 1 кг сухих речовин зеленої маси люцерни ранньої вегетації міститься 25,4% сирого протеїну, тобто 254 г. В 1 кг сирого протеїну вміст валової енергії становить 24 МДж. В 1 кг клітковини міститься валової енергії 20 МДж, тоді в 260 г структурних вуглеводів (сира клітковини з геміцелюлозою) вміст валової енергії буде становити 5,20 МДж. Відношення валової енергії сирого протеїну 6,1 МДж до валової енергії сирової клітковини з геміцелюлозою 5,20 МДж буде складати 1,17, і при множенні цього відношення на 3,1 МДж енергії, що міститься в 1 л молока, продукція молока буде становити 3,6 л. Даний рівень взято за 100% (базовий), оскільки вміст сирової клітковини в раціоні є мінімальним (17,0%).

Витрати сирого протеїну на утворення 1 л молока визначаються співвідношенням сирого протеїну в 1 кг сухих речовин люцерни (254 г) до обсягу одержаного молока (3,6 л), і це становить 70 г. При цьому коефіцієнт використаного сирого протеїну на утворення молока із вмістом 3,0% білка буде складати 43,0%. Аналогічний аналіз проводиться із зеленою масою люцерни інших фаз вегетації (табл. 1).

Результати досліджень оцінки 1 кг сухих речовин зеленої маси різних фаз вегетації показали чітку закономірність одержання продукції молока залежно від вмісту сирого протеїну й сирової клітковини з геміцелюлозою. Так продукція молока від 1 кг сухих речовин зеленої маси люцерни у фазу ранньої вегетації становить від 3,6 л до 2,3 л при згодовуванні коровам з вмістом в раціоні 17,0% сирової клітковини. Люцерна у фазі бутонізації в такому ж порівнянні дає 2,8 л і 1,9 л, а люцерна на початку цвітіння – від 2,2 л до 1,5 л, фаза середини цвітіння забезпечує продукцію молока на рівні 2 л максимально і 1,3 л мінімально.

Контрольовальним фактором такої оцінки 1 кг сухих речовин люцерни різних фаз вегетації є витрати сирого протеїну на утворення 1 л молока і коефіцієнт його використання на синтез білка того ж 1 л молока. Так, при оцінці люцерни ранньої фази вегетації без урахування геміцелюлози оцінюваного корму продукція молока буде становити 5,9 л для корів із вмістом 17% сирової клітковини в раціоні, а витрати сирого протеїну в кількості 43 г на утворення 1 кг молока з коефіцієнтом використання сирого протеїну на синтез білка молока із вмістом в ньому 3,0% білка буде на рівні 69%. У процесі перетравлення й обміну речовин такий рівень продукції молока в організмі корови не можливий, оскільки в кормі міститься 17,8% сирової клітковини.

Сирий протеїн люцерни знаходиться в структурі волокон целюлози й геміцелюлози. Високий коефіцієнт використання сирого протеїну на синтез білка молока характерний для концентрованих кормів (табл. 2-4).

Аналіз результатів дослідження оцінки у продукції молока 1 кг сухих речовин зерна жита, кукурудзи і вівса показує, що при вмісті в раціоні корів 17% сирової клітковини витрати сирого протеїну на утворення 1 л молока становлять 49 г, а коефіцієнт використання сирого протеїну на синтез білка 1 л молока із вмістом 3% білка складає 61%, що свідчить про ефективне використання сирого протеїну, порівняно із об'ємистими кормами, на утворення молока при використанні концентрованих кормів у годівлі високопродуктивних корів.

Таблиця 1

Оцінка в продукції молока (л) 1 кг сухих речовин люцерни 1-го укосу

В раціоні міститься	Продукція молока за валовою енергією СП і СК з ГМЦ, л	% від оптимального рівня продукції молока	Витрати СП на утворення 1 л молока з вмістом 3% білка, г	Коефіцієнт використання СП на синтез білка 1 л молока, %
Рання фаза вегетації				
17% СК, а з ГМЦ 26%	3,6	100	70	43
23% СК, а з ГМЦ 32%	3,0	83	86	35
26% СК, а з ГМЦ 35%	2,7	75	94	32
30%СК,а з ГМЦ 39%	2,4	67	105	29
32% СК, а з ГМЦ 41%	2,3	64	110	27
Фаза бутонізації				
17% СК, а з ГМЦ 29%	2,8	100	78	39
23% СК, а з ГМЦ 35%	2,3	82	94	32
26%СК, а з ГМЦ 38%	2,1	75	102	29
30%СК, а з ГМЦ 42%	1,9	68	113	27
32% СК, а з ГМЦ 44%	1,9	68	118	25
Фаза початку цвітіння				
17% СК, а з ГМЦ 31%	2,2	100	84	36
23% СК, а з ГМЦ 37%	1,9	86	100	30
26% СК, а з ГМЦ 40%	1,7	77	108	28
30% СК, а з ГМЦ 44%	1,6	73	119	25
32% СК, а з ГМЦ 46%	1,5	68	124	24
Фаза середини цвітіння				
17% СК, а з ГМЦ 33%	2,0	100	89	34
23% СК, а з ГМЦ 39%	1,7	85	106	28
26% СК, а з ГМЦ 42%	1,5	75	114	26
30% СК, а з ГМЦ 46%	1,4	70	124	24
32% СК, а з ГМЦ 48%	1,3	65	130	23

Таблиця 2

Оцінка в продукції молока (л) 1 кг сухих речовин зерна жита

В раціоні міститься	Продукція молока за валовою енергією СП і СК з ГМЦ (л)	% від оптимального рівня продукції молока	Витрати СП на утворення 1 л молока з вмістом 3,0 % білка (%)	Коефіцієнт використання СП на синтез білка 1 л молока (%)
17% СК, а з ГМЦ 18%	2,3	100	49	61
23% СК, а з ГМЦ 24%	1,7	74	66	46
26% СК, а з ГМЦ 27%	1,5	65	74	41
30% СК, а з ГМЦ 31%	1,3	57	84	36
32% СК, а з ГМЦ 33%	1,2	52	90	33

Необхідно зазначити, що новим методом оцінки кормів у продукції молока 1 кг сухих речовин корму є добуток 3,1 МДж енергії 1 л молока на відношення валової енергії сирого протеїну корму до валової енергії сирого клітковини (%) в раціоні

з геміцелюлозою оцінюваного корму в кількості 1/2 від вмісту сирого клітковини (%) в ньому. Підтверджувальним фактором такої оцінки у продукції молока 1 кг сухих речовин корму є витрати сирого протеїну на утворення 1 л молока. Так при оцінці люцерни ранньої фази бутонізації без урахування вмісту геміцелюлози в кількості 1/2 від вмісту сирого клітковини продукція молока буде становити 5,9 л від корів із вмістом в раціоні 17,0% сирого клітковини, а витрати сирого протеїну на утворення 1 л молока складатимуть 43 г з коефіцієнтом використання 69% сирого протеїну на синтез білка молока із вмістом в ньому 3,0% білка.

Таблиця 3

Оцінка в продукції молока (л) 1 кг сухих речовин зерна кукурудзи

В раціоні міститься	Продукція молока за валовою енергією СП і СК з ГМЦ, л	% від оптимального рівня продукції молока	Витрати СП на утворення 1 л молока з вмістом 3% білка, г	Коефіцієнт використання СП на синтез білка 1л молока, %
17% СК, а з ГМЦ 18%	2,1	100	49	61
23% СК, а з ГМЦ 24%	1,6	73	65	46
26% СК, а з ГМЦ 27%	1,4	67	73	41
30% СК, а з ГМЦ 31%	1,2	57	84	36
32% СКГ а з ГМЦ 33%	1,2	57	90	34

Таблиця 4

Оцінка в продукції молока (л) 1 кг сухих речовин вівса

В раціоні міститься	Продукція молока за валовою енергією СП і СК з ГМЦ, л	% від оптимального рівня продукції молока	Витрати СП на утворення 1 л молока з вмістом 3% білка, г	Коефіцієнт використання СП на синтез білка 1л молока, %
17% СК, а з ГМЦ 22%	2,0	100	61	49
23% СК, а з ГМЦ 28%	1,6	76	77	39
26% СК, а з ГМЦ 31%	1,4	67	85	35
30% СК, а з ГМЦ 35%	1,3	57	96	31
32% СК, а з ГМЦ 37%	1,2	57	101	30

В організмі корови такий рівень використання сирого протеїну зеленої маси люцерни в процесах обміну речовин не можливий. Сирий протеїн люцерни знаходиться в структурі волокон целюлози й геміцелюлози. Високий рівень витрат сирого протеїну на синтез білка молока характерний для концентрованих кормів при використанні їх у годівлі високопродуктивних корів.

На сьогодні аналіз сечовини в молоці в ряді країн широко використовується як показник засвоєння протеїну кормів у період лактації в корів, а також для оцінки ефективності рубцевого травлення. Визначення сечовини в молоці доцільно використовувати також для контролю передозування у випадках збагачення кормів сечовиною (карбамідом). У ветеринарній практиці визначення сечовини в молоці використовується як діагностичний тест ниркової недостатності у тварин у період лактації. У процесі молочнокислого бродіння рівень сечовини поступово знижується до нульових значень, таким чином визначення сечовини в кисломолочних

продуктах використовується як показник технологічної ефективності процесу бродіння.

За прототип взято відомий спосіб кількісного визначення сечовини в молоці та молочних продуктах з утворенням кольорової сполуки, який включає взаємодію продукту з аналітичним реагентом (1%-ний спиртовий розчин диметилгліоксиму і 0,025 %-ний розчин тіосемикарбазиду в 25%-ній сірчаній кислоті), який додають у пробу, кип'ятять протягом 15 хвилин, охолоджують, фільтрують, отриманий кольоровий фільтрат колориметрують при 530 нм, а концентрацію сечовини визначають за калібрувальним графіком. Проте такий спосіб визначення сечовини в молоці не дає змоги отримати стійкий яскравий червоно-пурпуровий колір реакції з молоком, а лише пурпурово-жовтий, який із часом у пробірках із чистою сечовиною змінюється з підвищенням у рази показників екстензії.

В основу вдосконалення способу визначення сечовини в молоці, використання як складової аналітичного реагенту розчину тіосемикарбазиду в 5% сірчаній кислоті забезпечив би стійкий у часі яскравий червоно-пурпуровий колір реакції, а це дасть можливість більш точно визначити концентрацію сечовини, а також дасть повніше уявлення про якісний склад молока та змогу краще забезпечити корів білкововмісними кормами без негативного впливу на здоров'я тварин при об'єктивній оцінці забезпеченості раціону протеїном корів різного рівня продуктивності.

Отже, визначення кількісного вмісту сечовини в молоці, що включає взаємодію молока з аналітичними реагентами при кип'ятінні, згідно з винаходом, до 0,3 мл молока додають 3 мл дистильованої води й послідовно 0,3 мл 1%-ого спиртового розчину диметилгліоксиму та 3 мл 0,025%-ого розчину тіосемикарбазиду в 5 %-ній за об'ємом сірчаній кислоті, суміш кип'ятять на водяній бані протягом 15 хвилин, охолоджують, фільтрують і колориметрують отриманий фільтрат яскравого червоно-пурпурового кольору при 530 нм та визначають концентрацію сечовини за калібрувальним графіком, побудованим з -3 розведеннями 10 моль або 60 мг/мл розчину сечовини.

Поряд із цим молоко консервують етиловим спиртом у співвідношенні 1:2. Це дає можливість запобігати прокисанню молока.

Для визначення вмісту сечовини в цільному молоці береться 0,3 мл проби молока (у трьох паралелях) та додається 3,0 мл дистильованої води і послідовно по 0,3 мл спиртового розчину диметилгліоксиму та 3 мл розчину тіосемикарбазиду в 5-процентній за об'ємом сірчаній кислоті. Проби інкубують у кип'ячій водяній бані протягом 15 хвилин. По закінченні кип'ятіння проби охолоджують і фільтрують крізь паперовий фільтр. Прозорий фільтрат яскравого червоно-пурпурового кольору колориметрується при 530 нм у 10-мм кюветі. Для перерахунку оптичної щільності в ммоль/л або мг% сечовини будується калібрувальна крива з розведенням 1-молярного розчину сечовини.

Оскільки для визначення вмісту сечовини відібране від корів молоко в умовах молочних ферм і молочних комплексів необхідно доставляти в лабораторію не прокислим, його можна консервувати етиловим спиртом. До 5 мл молока додається 10 мл спирту, перемішується, а потім фільтрується крізь паперовий фільтр для відділення жиру й денатурованих білків молока. Фільтрат може зберігатися тривалий час до проведення аналізу. Для визначення вмісту сечовини у фільтраті береться проба об'ємом 0,9 мл і 2,4 мл дистильованої води та проводиться аналіз, як описано вище. Оптимальний вміст сечовини – 20-30 мг

Сучасна оцінка продуктивної дії протеїну різних видів кормів для корів базується на показниках розчинності, розщеплюваності та захищеності в рубці.

Більша частина протеїну різних кормів та інших азотовмісних речовин розщеплюється в рубці. Розщеплення відбувається під дією протеолітичних ферментів мікроорганізмів до пептидів, а потім до амінокислот, які далі розщеплюються до летких жирних кислот, аміаку та діоксиду вуглецю (CO_2). Небілкові азотовмісні речовини також розпадаються з утворенням аміаку, який переходить у катіон NH_4^+ . Мікроорганізми рубця частково використовують для утворення власного протеїну амінокислоти й пептиди ферментованих кормів, а значна частина амінокислот (власне мікроорганізмів) утворюється із зазначених вище джерел амонію та азотовмісних сполук мікроорганізмів рубця. У середньому 15 г мікробіального протеїну припадає на 1 МДж чистої енергії лактації корму, який ферментується в рубці. При цьому мікроорганізми синтезують усі незамінні амінокислоти, тому склад сирого протеїну кормів для жуйних не має такого значення, як для моногастричних тварин. Розщеплюються у межах 55-75 % сирого протеїну в рубці корів соєвий шрот, сухий жом, кукурудзяний глютенівий концентрат, пивна дробина й зерно кукурудзи. На 65-85% розщеплюється сирий протеїн кукурудзяного силосу, соняшникового та ріпакового шроту, а також кормові дріжджі. Високу розщеплюваність на рівні 75-95% має свіжа трава, трав'яний силос, зерно пшениці, ячменю, вівса, гороху й кормових бобів.

Базою для проведення досліджень було дослідне господарство «Олександрівське» Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН. У господарстві було сформовано 3 технологічні групи корів-аналогів української молочної чорно-рябої породи з продуктивністю 30 л середньодобового надою. Корови були на 2-3 -му місяці лактації, по 30 голів у кожній групі. Контрольні надої проводили щодаки від 10 корів з кожної групи.

Раціон для корів усіх трьох груп і його оцінку в продукуванні молока наведено в таблиці 5.

В основі високобілкових кормів була макуха соняшникова й соя екструдована. З метою вивчення впливу макухи соняшникової і соєвої та сої експандованої на молочну продуктивність, вміст білка, жиру й сечовини в молоці коровам I групи індивідуально кожній із 30 корів після роздачі суміші кормів раціону в період ранкової і вечірньої годівлі давали по 0,5 кг макухи соняшникової (разом за добу – 1 кг); II групі за такою самою схемою – 1 кг макухи соєвої і III групі – аналогічно 1 кг сої експандованої повножирової. Зрівняльний період тривав 10 днів, а основний – із 23 березня по 25 травня.

Контрольні надої проводили щодаки індивідуально від 10 корів кожної групи, а також валовий надій молока в групі. Вміст білка та жиру в молоці визначали на приладі «Екомілк», а сечовини – за розробленою методикою. У макусі соняшниковій і соєвій, сої екструдованій і експандованій визначено вміст сирого протеїну, а в об'ємистих кормах і зерні кукурудзи – вміст цукрів і сирого протеїну. Встановлено також вміст незамінних амінокислот у кормах, білку молока й мікробіальному білку.

Після проведення 4-х контрольних надоїв від 10-ти облікових корів із кожної групи та валового надою молока від 30 корів усіх 3-х груп було встановлено, що найвищу молочну продуктивність мали корови II групи, які одержували додатково до основного раціону 1 кг макухи соєвої, а найнижчу – корови III групи, які одержували додатково 1 кг сої експандованої. Аналогічними були й показники валового надою в кожній групі. Стосовно вмісту білка в молоці корів усіх 3-х груп різниця була не істотною, тоді як вміст жиру був найвищим у корів, які додатково одержували сою експандовану (табл. 6).

Таблиця 5

**Рацион та оцінка кормів у продукуванні молока
за сирим протеїном і крохмалем із цукром**

Назва корму	Кількість натурального корму, кг	Вміст сухих речовин, кг	У кормі міститься % на суху речовину			Продуктування молока (кг) За			
			сирий протеїн	крохмаль + цукор	СК	сирий протеїн	%	крохмаль + цукор	%
Кукурудзяний силос	25,0	6,25	7,6	5,6	30,0	2,64	10,1	2,92	10,2
Сінаж люцерновий	12,0	5,4	15,2	5,5	28,3	4,83	18,4	2,47	8,6
Сіно люцернове	1,0	0,83	14,3	3,5	30,5	0,65	2,5	0,24	0,85
Січка ячмінно-пшенична	2,0	1,66	5,9	0,3	39,9	0,41	1,6	0,41	1,45
Дерть кукурудзяна	4,0	3,4	9,8	68,2	5,0	3,81	14,5	19,3	67,35
Макуха соняшникова	2,5	2,25	36,0	9,7	14,3	9,26	35,3	1,82	6,35
Соя екструдована	1,5	1,35	30,0	13,3	6,0	4,63	17,6	1,5	5,2
Сіль	0,12	0,11	0,0	0,0	0,0	-	-	-	-
Бікарбонат натрію	0,08	0,07	0,0	0,0	0,0	-	-	-	-
Усього	48,2	21,1	-	-	-	26,23	100,0	28,66	100,0
Додаткове згодовування									
I група – макуха соняшникова	1,0	0,9	36,0	9,7	14,3	3,70		0,73	
Усього	49,2	22,0				29,93		29,39	
II група – макуха соєва	1,0	0,9	38,0	13,3	6,0	3,91		1,0	
Усього	49,2	22,0				30,14		29,66	
III група – соя експандована повножирова	1,0	0,9	25,0	5,8	7,8	2,57		0,43	
Усього	49,2	22,0				28,80		29,09	

Таблиця 6

Продуктивність корів за контрольними надоями

Показник	Контрольні доїння				Середнє
	1	2	3	4	
I (контрольна група)					
Добовий надій, л	28,35±0,67	28,85±0,86	29,40±0,65	29,20±0,84	29,0
Жир, %	3,71±0,19	3,83±0,19	3,79±0,11	3,70±0,18	3,80
Білок, %	3,03±0,04	2,94±0,06	3,03±0,04	3,02±0,04	3,00
Сечовина, мг%	27	30	28	27	28
II (дослідна група)					
Добовий удій, л	29,90±1,01	29,20±0,84	30,20±0,81	30,10±1,29	29,9
Жир, %	3,53±0,17	3,68±0,13	3,50±0,11	3,40±0,07	3,52

Продовження таблиці 6

Показник	Контрольне доїння				Середнє
	1	2	3	4	
Білок, %	3,00±0,06	3,02±0,08	3,00±0,06	3,00±0,06	3,00
Сечовина, мг%	24	27	28	25	26
<i>III (дослідна група)</i>					
Добовий удій, л	26,90±0,74	27,60±0,96	28,00±0,62	28,10±1,40	27,7
Жир, %	3,67±0,17	3,92±0,16	3,77±0,09	3,70±0,08	3,76
Білок, %	2,96±0,05	2,98±0,06	2,96±0,05	2,90±0,04	2,95
Сечовина, мг%	17	16	17	18	17

Логічно виникає питання: яка ж причина в нижчому продукуванні молока й вищому вмісті жиру? Адже корови цієї групи одержували менше сирого протеїну і на таку саму величину більше сирого жиру. В 1 кг сої експандованої повножирової містилося менше сирого протеїну і більше сирого жиру порівняно до 1 кг макухи соєвої, яку одержували корови II групи. Для відповіді на це питання коровам II групи макуху соєву замінено на сою експандовану повножирову, а III групі – сою експандовану замінено на макуху соєву. За такої заміни соєвих кормів проведено 2 контрольні надой з визначенням умісту білка, жиру й сечовини в молоці корів усіх груп.

Результати проведених контрольних надой підтвердили попередню закономірність, а саме: молочна продуктивність корів III групи, які одержували додатково макуху соєву замість сої експандованої повножирової, була найвищою. Вміст жиру в молоці корів II групи також був найвищим. Отже, макуха соєва підвищує молочну продуктивність корів, тобто стимулює синтез молока в молочній залозі, а соя експандована повножировою зменшує продукування молока, але підвищує вміст жиру. Оцінка кормів у продукуванні молока за сирим протеїном і крохмалем із цукром свідчить, що раціон збалансовано за сирим протеїном і легкоферментованими вуглеводами і забезпечує одержання середньодобового надою на рівні 26 л молока за сирим протеїном і 28,7 л за крохмалем із цукром.

Додаткове згодовування I групі корів 1 кг макухи соняшnikової підвищує продуктивність до 29 л молока за показниками контрольних надой, а аналогічне згодовування 1 кг макухи соєвої II групі підвищує продукування молока до 30 л середньодобового надою також за показниками контрольних надой, тоді як за згодовування коровам III групи такої самої кількості сої експандованої повножирової продукування молока становило тільки 27,7 л.

Висновки та пропозиції. Дослідження якості раціону годівлі корів здійснювались у продукції молока через оцінку 1 кг сухих речовин зеленої маси люцерни у фазу ранньої вегетації, бутонізації, початку й середини цвітіння. В 1 кг сухих речовин зеленої маси люцерни ранньої вегетації міститься 25,4% сирого протеїну, тобто 254 г.

В 1 кг сирого протеїну вміст валової енергії становить 24 МДж. В 1 кг клітковини міститься валової енергії 20 МДж, тоді в 260 г структурних вуглеводів (сира клітковини з геміцелюлозою) вміст валової енергії буде становити 5,20 МДж.

Відношення валової енергії сирого протеїну 6,1 МДж до валової енергії сирої клітковини з геміцелюлозою 5,20 МДж буде складати 1,17, і при множенні цього відношення на 3,1 МДж енергії, що міститься в 1 л молока, продукція молока буде становити 3,6 л.

Для перерахунку оптичної щільності в ммоль/л або мг% сечовини будується калібрувальна крива з розведенням 1-молярного розчину сечовини. Після проведення 4-х контрольних надойв від 10-ти облікових корів із кожної групи та валового надою молоко від 30 корів усіх 3-х груп було встановлено, що найвищу молочну продуктивність мали корови II групи, які одержували додатково до основного раціону 1 кг макухи соєвої, а найнижчу – корови III групи, які одержували додатково 1 кг сої експандованої. Аналогічними були й показники валового надою в кожній групі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Гноєвий І.В. Консервовані корми за цілорічно однотипної годівлі високопродуктивних корів. *Проблеми зооінженерії та ветеринарної медицини*. 2013. Вип. 25 (1). С. 157-161.
2. Голубенко Т.Л., Чудак Р.А., Скоромна О.І., Разанова О.П., Огороднічук Г.М., Главатчук В.А. Продуктивність і племінна цінність корів молочних порід української та зарубіжної селекції. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2023. № 132. С. 281–289. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.132.34>.
3. Дімчя Г.Г., Майстренко А.Н., Петренко В.І. Концептуальні принципи годівлі високопродуктивних корів у період сухостою. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2015. № 9. С. 134-138.
4. Козир В.С., Дімчя Г.Г., Майстренко А.Н. Організація раціональної годівлі худоби. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2014. № 6. С. 143-145.
5. Кулик М.Ф., Скоромна О.І., Гончар Л.А., Зелінська І.П. Новий метод оцінки кормів в продукції молока. *Корми і кормовиробництво*. 2021. № 92. С. 137. DOI 10.31073/kormovyrobnytstvo202192-13.
6. Новітні норми, раціони і технології повноцінної годівлі високопродуктивної великої рогатої худоби [керівництво-посібник] / [Г.О. Богданов, В. М. Кандиба, І. І. Ібатуллін та ін.]; за ред. Г.О. Богданова та В. М. Кандиби. Х., 2010. 119 с.
7. Петренко В.І., Дімчя Г.Г., Майстренко А.Н. Норми і раціони годівлі сухостійних корів та їх удосконалення. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2013. № 4. С. 168-173.
8. Разанова О.П. Продуктивність і племінна цінність корів української чорно-рябої молочної породи різних ліній племрепродуктора Вінниччини. *Аграрна наука та харчові технології*. 2019. Вип. 4 (107). Т.2. С. 93–104.
9. Разанова О.П., Фаріонік Т.В., Голубенко Т.Л., Колечко А.В. Фенотипові показники маточного поголів'я джерсейської породи. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького. Серія «Сільськогосподарські науки»*. 2023. Т. 25. № 99. С. 157–162. <https://doi.org/10.32718/nvlvet-a9926>.
10. Разанова О.П., Чудак Р.А., Огороднічук Г.М., Скоромна О.І., Голубенко Т.Л. Інноваційний розвиток молочного скотарства в контексті підвищення виробництва молока. *Вісник Сумського національного аграрного університету (Тваринництво)*. 2023. Вип. 3 (54). С. 63–70. DOI: <https://doi.org/10.32782/bsnau.lvst.2023.3.9>.
11. Скоромна О.І. Оцінка високобілкових кормів у продукції молока. *Корми і кормовиробництво*. 2020. № 90. С. 157-168. <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202090-14>.
12. Скоромна О.І., Разанова О.П., Поліщук Т.В., Шевчук Т.В., Берник І.М., Паладійчук О.Р. Науково обґрунтовані заходи підвищення продуктивності корів молочного напрямку та покращення якості сировини в умовах виробництва: монографія. Вінниця: РВВ ВНАУ, 2020. 174 с.

13. Gomes A.L.M., Bueno A.V.I., Jacovaci F. A. et al. Effects of processing, moisture, and storage length on the fermentation profile, particle size, and ruminal disappearance of reconstituted corn grain. *Journal of Animal Science*. 2020. Vol. 98. No. 11. P. skaa332. <https://doi.org/10.1093/jas/skaa332>.
14. Junges D., Morais G., Spoto M. H. F. et al. Short communication: Influence of various proteolytic sources during fermentation of reconstituted corn grain silages. *Journal of Dairy Science*. 2017. Vol. 100 (11). P. 9048-9051. DOI: 10.3168/jds.2017-12943.
15. Tye B. M., Yang S.-Y., Eun J.-S. et al. An investigation of feeding high-moisture corn grain with slow-release urea supplementation on lactational performance, energy partitioning, and ruminal fermentation of dairy cows. *Canadian Journal of Animal Science*. 2017. Vol. 29. No. 4. <https://doi.org/10.1139/cjas-2016-0220>.
16. Uden P. Plant organic acids in fresh and ensiled forage plants. *Grass and Forage Science*. 2018. Vol. 73(3). P. 583–587. DOI: <https://doi.org/10.1111/gfs.12361>

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 634.4:636.082.474:598.261.71

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.3.29>

ВПЛИВ ПРЕПАРАТУ «АРКВАДЕЗ ПЛЮС» НА ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ЯЄЦЬ ПРИ ІНКУБАЦІЇ ТА ІНТЕНСИВНІСТЬ РОСТУ КУРЧАТ-БРОЙЛЕРІВ

Ткаченко Т.Ю. – PhD,

старший викладач кафедри технології виробництва

та переробки продукції тваринництва,

Вінницький національний аграрний університет

orcid.org/0000-0003-0428-4509

Основним напрямком розвитку птахівництва є підвищення виробничої ефективності птиці, що безпосередньо залежить від її здатності ефективно перетворювати поживні речовини корму на продукцію – яйця та м'ясо. Сучасні технології вирощування птиці передбачають оптимізацію умов годівлі, утримання та ветеринарного супроводу з метою максимального використання генетичного потенціалу птиці. Особливу увагу в птахівництві приділяють питанням, що впливають на вирощування курчат-бройлерів, зокрема контролю якості кормів, санітарно-гігієнічних умов утримання та використанню ефективних ветеринарно-профілактичних препаратів у період росту та розвитку птиці.

Важливим етапом у виробництві м'яса птиці є інкубація яєць, оскільки саме від якості інкубаційного матеріалу, умов інкубації та біологічної повноцінності зародків залежить життєздатність молодняку та його подальша продуктивність. Тому дослідження засобів, що можуть покращувати показники інкубації, зменшувати ембріональну смертність і сприяти гармонійному розвитку курчат, є актуальним напрямом сучасної ветеринарної науки та практики.

У даній статті досліджено ефективність застосування комплексного препарату «Арквадез Плюс» та його вплив на якість яєць під час інкубації, виводимість курчат і інтенсивність росту курчат-бройлерів у різні періоди їх розвитку. У ході досліджень оцінювалися основні зоотехнічні показники: середньодобові прирости живої маси, динаміка росту птиці, абсолютні та відносні прирости маси, гематологічні показники крові, а також маса і розвиток внутрішніх органів молодняку. Особливу увагу приділено показникам якості інкубаційних яєць, включаючи індекс форми яйця, якість білка та жовтка, що є важливими критеріями їхньої біологічної повноцінності.

Отримані результати свідчать про позитивний вплив препарату на низку важливих продуктивних та фізіологічних показників. Зокрема, у дослідних групах спостерігалось підвищення середньодобових приростів живої маси та більш інтенсивний розвиток курчат у порівнянні з контрольною групою. Крім того, застосування препарату сприяло стабілізації гематологічних показників крові, що може свідчити про покращення обмінних процесів та загального фізіологічного стану організму птиці.

Встановлено, що застосування препарату у другій дослідній групі забезпечувало зниження втрат під час інкубації та сприяло достовірному підвищенню показників виводимості яєць і життєздатності курчат. Зокрема, використання препарату «Арквадез Плюс» у дозі 10 мл/м³ показало найкращі результати серед досліджуваних варіантів. У цій групі відзначено найнижчий рівень ембріональної смертності, зокрема таких патологій розвитку як «кров'яні кілця» та «завмерлі зародки». Також не спостерігалось випадків появи «слабких курчат» або так званих «задихликів», що свідчить про більш повноцінний розвиток ембріонів.

Застосування препарату сприяло більш гармонійному розвитку внутрішніх органів добоових курчат, зокрема печінки, серця та шлунково-кишкового тракту, що є важливим фактором формування біологічно повноцінного молодняку. Добре розвинені внутрішні органи забезпечують кращу адаптацію курчат до умов вирощування, підвищують їхню життєздатність та сприяють ефективнішому засвоєнню кормів у подальшому.



© Ткаченко Т.Ю., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Дослідження також показали, що застосування препарату «Арквадез Плюс» не має негативного впливу на морфологічні показники яєць. Індекси форми яйця, білка та жовтка залишалися в межах рекомендованих фізіологічних норм, що свідчить про збереження їхньої біологічної повноцінності та придатності до інкубації. Це підтверджує безпечність використання препарату та його доцільність у технології інкубації яєць бройлерних кросів.

Отже, результати проведених досліджень свідчать, що використання препарату «Арквадез Плюс» є перспективним технологічним прийомом у сучасному птахівництві. Його застосування сприяє підвищенню якості інкубаційних яєць, зменшенню ембріональної смертності, покращенню показників виводимості курчат та формуванню більш життєздатного молодняку, що у підсумку може позитивно впливати на економічну ефективність виробництва м'яса птиці.

Виводимість яєць у дослідних групах підвищувалася на 1,1–4,2 %, а вихід курчат – на 0,7–6,3 % порівняно з контрольною групою. Найбільше підвищення виводимості яєць і виходу курчат зафіксовано у другій дослідній групі (10 мл/м³) – на 4,2 % та 6,3 % відповідно, що було статистично достовірним. Обробка третьої дослідної групи (15 мл/м³) також сприяла підвищенню виводимості та виходу курчат, хоча ефект був менш вираженим, ніж у другій групі.

Аналіз показників відходів інкубації показав суттєву різницю між контрольною та дослідними групами. У контрольній групі спостерігалися найвищі показники незапліднених яєць, завірених ембріонів, задохликів та слабких курчат, а виводимість яєць і курчат була нижчою порівняно з дослідними групами. У першій дослідній групі відзначалося незначне підвищення виводимості яєць та курчат, хоча кількість задохликів і слабких курчат зросла.

Отримані результати свідчать, що оптимальна доза препарату «Арквадез Плюс» для підвищення ефективності інкубації та виводимості молодняку становить 10 мл/м³, що дозволяє зменшити втрати під час інкубації, підвищити життєздатність та продуктивність курчат-бройлерів.

Ключові слова: курчата-бройлери, інкубація, якість яєць, приріст живої маси, гематологічні показники, внутрішні органи, продуктивність.

Tkachenko T.Iu. The effect of the drug "Arkvadez Plus" on egg quality indicators during incubation and the growth intensity of broiler chickens

The main direction of poultry development is increasing the production efficiency of birds, which largely depends on their ability to convert feed into eggs and meat. Modern poultry production technologies involve optimizing feeding conditions, housing, and veterinary support in order to maximize the genetic potential of birds. Particular attention in poultry farming is paid to factors affecting the rearing of broiler chickens, including control of feed quality, sanitary and hygienic conditions of keeping birds, and the use of effective veterinary and preventive preparations during the growth and development period.

An important stage in poultry meat production is the incubation of eggs, since the viability of young birds and their subsequent productivity depend on the quality of incubation material, incubation conditions, and the biological completeness of embryos. Therefore, the study of means that can improve incubation indicators, reduce embryonic mortality, and promote the harmonious development of chicks is an important area of modern veterinary science and practice.

This article investigates the effectiveness of the complex preparation "Arquadez Plus" and its influence on egg quality during incubation, hatchability, and the growth intensity of broiler chickens at different stages of development. During the research, the main zootechnical indicators were evaluated, including average daily live weight gain, growth dynamics of poultry, absolute and relative weight gains, hematological blood parameters, as well as the weight and development of the internal organs of the young birds. Particular attention was paid to the indicators of incubation egg quality, including the egg shape index and the quality of albumen and yolk, which are important criteria of their biological completeness.

The obtained results indicate a positive effect of the preparation on a number of important productive and physiological parameters. In particular, the experimental groups showed an increase in average daily weight gain and more intensive development of chickens compared with the control group. In addition, the use of the preparation contributed to the stabilization of hematological blood parameters, which may indicate an improvement in metabolic processes and the overall physiological condition of the birds.

It was established that the use of the preparation in the second experimental group ensured a reduction of losses during incubation and contributed to a statistically significant increase in egg hatchability and chick viability. In particular, the use of the preparation "Arquadez Plus" at a dose of 10 ml/m³ showed the best results among the tested variants. In this group, the lowest level of embryonic mortality was observed, including such developmental pathologies as "blood rings" and "dead embryos". In addition, no cases of "weak chicks" or so-called "suffocated chicks" were observed, which indicates a more complete embryonic development.

The use of the preparation also contributed to a more harmonious development of the internal organs of day-old chicks, in particular the liver, heart, and gastrointestinal tract, which is an important factor in the formation of biologically полноценного молодняка. Well-developed internal organs ensure better adaptation of chicks to rearing conditions, increase their viability, and promote more efficient feed utilization in subsequent growth periods.

The research also showed that the use of the preparation "Arquadez Plus" does not have a negative impact on the morphological parameters of eggs. The indices of egg shape, albumen, and yolk remained within the recommended physiological norms, which indicates the preservation of their biological value and suitability for incubation. This confirms the safety of using the preparation and its feasibility in the incubation technology of broiler breeder eggs.

Thus, the results of the conducted research indicate that the use of the preparation "Arquadez Plus" is a promising technological approach in modern poultry farming. Its application contributes to improving the quality of incubation eggs, reducing embryonic mortality, increasing hatchability, and forming more viable young poultry, which ultimately may positively affect the economic efficiency of poultry meat production.

Egg hatchability in the experimental groups increased by 1.1–4.2 %, and chick output increased by 0.7–6.3 % compared to the control group. The highest increase in egg hatchability and chick output was recorded in the second experimental group (10 ml/m³) – 4.2 % and 6.3 %, respectively, which was statistically significant. Treatment of the third experimental group (15 ml/m³) also contributed to higher egg hatchability and chick output, although the effect was less pronounced than in the second group.

Analysis of incubation losses showed a significant difference between the control and experimental groups. The control group had the highest numbers of unfertilized eggs, dead embryos, suffocated, and weak chicks, and egg and chick hatchability were lower compared to the experimental groups. In the first experimental group, there was a slight increase in egg hatchability and chick output, although the number of suffocated and weak chicks increased.

The results indicate that the optimal dose of «Arkvadez Plus» for improving incubation efficiency and chick hatchability is 10 ml/m³, which allows reducing losses during incubation and increasing the viability and productivity of broiler chicks.

Key words: broiler chickens, incubation, egg quality, weight gain, hematological parameters, internal organs, productivity.

Постановка проблеми. Продукти птахівництва є для людини одним із найважливіших джерел повноцінного тваринного білка з високою біологічною цінністю. Вони містять усі необхідні амінокислоти, які відіграють важливу роль у процесах росту, розвитку та підтримання нормальної життєдіяльності організму. Білки продуктів птахівництва легко засвоюються організмом людини та характеризуються високою поживною цінністю, що робить їх незамінними у щоденному раціоні харчування.

Серед продуктів птахівництва особливе значення мають яйця, які вважаються одним із найбільш важливих харчових продуктів як з економічної, так і з поживної точки зору. Яйця є повноцінною їжею, що містить білки, жири, мінеральні речовини, вітаміни та інші біологічно активні сполуки, які сприяють нормальному функціонуванню органів і систем людини, зміцнюють імунітет та підтримують обмінні процеси в організмі [2].

Вчені встановили, що одне куряче яйце здатне значною мірою покрити добову потребу людини у важливих вітамінах: у вітаміні А – на 13–15 %, що необхідно для підтримання здоров'я очей, шкіри та нормального функціонування імунної системи; у вітаміні D – на 10–40 %, який відіграє важливу роль у засвоєнні

кальцію та фосфору, сприяє зміцненню кісткової тканини; у вітаміні В2 – до 99 %, що забезпечує нормальний енергетичний обмін та функціонування нервової системи; а у вітаміні В12 - від 50 до 100 %, який має важливе значення для процесів кровотворення, синтезу ДНК та підтримання нормальної роботи нервової системи [7].

Крім того, яйця містять значну кількість мінеральних речовин, серед яких особливо важливими є кальцій, фосфор, залізо, цинк, йод та селен. Ці елементи беруть участь у формуванні кісткової тканини, регулюють роботу серцево-судинної системи, сприяють нормальному функціонуванню щитоподібної залози та підвищують стійкість організму до різноманітних захворювань. Важливу роль відіграють також біологічно активні речовини, що входять до складу яєць, зокрема лецитин, холін та антиоксиданти, які позитивно впливають на роботу головного мозку, печінки та нервової системи [11].

Білок курячого яйця вважається еталонним за своїм амінокислотним складом і часто використовується як стандарт для оцінки якості інших білкових продуктів. Він характеризується високим ступенем засвоюваності - понад 95 %, що робить яйця особливо цінним продуктом у харчуванні дітей, людей похилого віку, спортсменів та осіб, які потребують підвищеного надходження поживних речовин.

Таким чином, яйця та інші продукти птахівництва відіграють важливу роль у забезпеченні населення повноцінними продуктами харчування. Їх висока поживна цінність, доступність і значний вміст біологічно активних речовин роблять їх незамінним компонентом раціонального харчування людини та важливим фактором підтримання здоров'я і працездатності організму.

Крім того, яйця містять біологічно активні ліпіди та антиоксиданти, які сприяють захисту організму від шкідливого впливу вільних радикалів, а також мікроелементи, такі як залізо, цинк та селен, що необхідні для підтримки імунітету та нормальної діяльності внутрішніх органів. Завдяки такому багатому складу, продукти птахівництва є незамінною складовою здорового та збалансованого раціону людини, сприяючи профілактиці дефіциту вітамінів і мінералів, зміцненню фізичного здоров'я та підвищенню життєвої активності [10].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Нині, завдяки використанню сучасних технологій, птахівництво вважається однією з найважливіших виробничих галузей, особливо в сільському господарстві та тваринництві, де воно перевершує всі інші галузі тваринництва, оскільки для виробництва 1 кг м'яса бройлерів потрібно у 2–4 рази менше кормів, ніж для виробництва свинини та яловичини. Тому птахівництво має реальну можливість зробити значний внесок упродовж наступного десятиліття для забезпечення населення планети продуктами харчування [1].

У зв'язку з цим особливого значення набуло використання фізичних і хімічних препаратів для підвищення продуктивності птиці на різних етапах її розвитку, профілактики захворювань та зниження рівня мікробного фону. До таких засобів належать різноманітні кормові добавки, пробіотики, ферментні препарати, вітаміно-мінеральні комплекси, органічні кислоти та дезінфікуючі засоби. Їх застосування дозволяє покращити засвоєння поживних речовин, підвищити конверсію корму, стимулювати ріст і розвиток птиці, а також зміцнити її природну резистентність до інфекційних та неінфекційних захворювань.

Крім того, важливу роль у підвищенні ефективності птахівництва відіграють сучасні технології утримання та годівлі птиці, автоматизація виробничих процесів, контроль мікроклімату у пташниках, а також застосування біотехнологічних

методів. Рациональне використання цих підходів забезпечує оптимальні умови для росту і розвитку птиці, сприяє зниженню виробничих витрат і підвищенню якості кінцевої продукції [3].

Не менш важливим є також питання біобезпеки у птахівничих господарствах. Дотримання ветеринарно-санітарних норм, проведення регулярних профілактичних заходів, вакцинація птиці та контроль якості кормів і води дозволяють запобігати поширенню інфекційних захворювань і підтримувати стабільний рівень продуктивності поголів'я.

Останніми роками особлива увага приділяється впровадженню екологічно безпечних технологій у птахівництві. Використання біологічно активних добавок природного походження, фітопрепаратів, пробіотиків та пребіотиків дозволяє зменшити застосування антибіотиків у виробництві, що сприяє підвищенню безпечності продукції та зниженню ризику формування антибіотикорезистентності у мікроорганізмів. Такі підходи відповідають сучасним вимогам до виробництва якісних та екологічно чистих продуктів харчування [8].

Важливим напрямом розвитку галузі є також удосконалення селекційної роботи, спрямованої на створення високопродуктивних кросів птиці з підвищеною життєздатністю, стійкістю до захворювань та високими показниками продуктивності. Завдяки поєднанню селекційних досягнень із сучасними технологіями утримання і годівлі створюються умови для стабільного розвитку птахівництва та підвищення його економічної ефективності.

Отже, розвиток птахівництва ґрунтується на комплексному використанні наукових досягнень у галузі годівлі, ветеринарії, селекції та технології утримання птиці. Це забезпечує підвищення продуктивності галузі, покращення якості продукції та задоволення потреб населення у повноцінних продуктах харчування тваринного походження [7].

Застосування сучасних засобів і технологій дає можливість не лише підвищити середньодобові прирости живої маси, покращити конверсію корму та зберегти поголів'я, а й забезпечити стабільну якість продукції. До фізичних методів належать ультрафіолетове опромінення, регульовані параметри мікроклімату (температура, вологість, вентиляція), світлові програми та використання сучасних систем дезінфекції. Хімічні препарати включають дезінфектанти, пробіотики, ферментні добавки, вітамінно-мінеральні комплекси, а також засоби для корекції мікрофлори кишечника [9].

Комплексне впровадження таких заходів сприяє зміцненню імунітету птиці, зниженню захворюваності, покращенню засвоєння поживних речовин і, відповідно, підвищенню економічної ефективності виробництва. Водночас важливо дотримуватися науково обґрунтованих норм застосування препаратів і принципів біобезпеки, щоб уникнути розвитку резистентності мікроорганізмів та забезпечити безпечність кінцевої продукції для споживачів.

Постановка завдання. У нашому досліді було поставлено завдання провести оцінку якості яєць, основні показники інкубації, а також показники курчат у добовому віці.

Досліджено ефективність застосування комплексного препарату Арквадез Плюс щодо впливу на показники якості яєць при інкубації, інтенсивність росту у різні періоди росту курчат-бройлерів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Встановлено продуктивну дію застосування комплексного препарату Арквадез Плюс на основні зоотехнічні показники, зокрема середньодобові прирости живої маси, конверсію корму, збереженість поголів'я та загальний рівень продуктивності.

Отримані результати дозволили визначити доцільність використання препарату у технології вирощування бройлерів з метою підвищення економічної ефективності виробництва, покращення якості м'ясної продукції та забезпечення стабільних виробничих показників.

Для дезінфекції яєць і інкубаторів використовувався комплексний дезінфектант «Арквадез Плюс» - прозора безбарвна рідина на основі четвертинних амонієвих сполук із бактерицидною, віруліцидною та фунгіцидною активністю. Препарат є екологічно безпечним і дозволяє ефективно знизити мікробне обсіменіння яєць без негативного впливу на розвиток ембріонів при правильному застосуванні.

Для дослідження «Арквадез Плюс» використовували у вигляді робочого розчину, розведеного водою до концентрації 0,5–1,0 %, рекомендованої виробником для передінкубаційної обробки яєць. Розчин готували безпосередньо перед застосуванням, щоб забезпечити максимальну ефективність дезінфекції. Схема дослідів представлена таблиці 1.

Таблиця 1

Схема дослідів (n=100)

Групи	Обробка на початку інкубації,	Обробка яєць на 19-й день інкубації
1-контрольна	-	-
1-дослідна	5 мл на 1 м ³ інкубатора	5 мл на 1 м ³ інкубатора
2- дослідна	10 мл на 1 м ³ інкубатора	10 мл на 1 м ³ інкубатора
	15 мл на 1 м ³ інкубатора	15 мл на 1 м ³ інкубатора

Дослід проводили на інкубаційних яйцях курей кросу «Кобб-500». Для оцінки ефективності дезінфекції застосовували комплексний препарат «Арквадез Плюс» у вигляді робочого розчину, розведеного водою до концентрації 0,5–1,0 %, рекомендованої виробником для передінкубаційної обробки яєць. Яйця та інкубатори розподілили на три групи: контрольну та дві дослідні. Контрольна група залишалася необробленою відповідно до стандартної технології виробництва. У дослідних групах обробку проводили двічі: на початку інкубації та на 19-й день інкубації. Під час першої обробки препаратом обприскували яйця та внутрішні поверхні інкубаторів для зниження мікробного обсіменіння шкаралупи та забезпечення санітарної чистоти обладнання. Друга обробка виконувалася безпосередньо перед закінченням інкубації, щоб мінімізувати ризик ембріональних інфекцій перед виходом курчат. Дози препарату для дослідних груп складали 5 мл на 1 м³ інкубатора для першої дослідної групи та 10 мл на 1 м³ інкубатора для другої дослідної групи. Після обробки забезпечували повну вентиляцію інкубаторів і контроль параметрів мікроклімату. Вивчали ефективність препарату за зоотехнічними показниками (середньодобовий приріст, конверсія корму, збереженість поголів'я) та санітарно-бактеріологічними показниками (мікробне обсіменіння шкаралупи) порівняно з групою контролю.

У птаківництві якість яєць визначає ефективність інкубатора, що підтверджено рядом досліджень. Якість інкубаційних яєць визначає рівень найважливіших біо-економічних показників, таких як виводимість яєць, вихід курчат, життєздатність та продуктивність птиці. До найважливіших контрольованих морфологічних показників належать маса яйця, індекс форми яйця, індекси білка та жовткатошо.

У таблиці 2 наведено співвідношення основних складових частин яйця, що є важливим показником його якості та впливає на розвиток ембріона та продуктивність майбутньої птиці.

Таблиця 2

Співвідношення основних складових частин яйця

Показник		
Кідбкість яєць, шт.	30	
Маса яєць, г	63,41±1,16	
Маса складових частин яєць, г		
Блок	Жовток	Шкаралупа
36,66±0,12	19,87±0,12	6,87±0,11
Співвідношення складових частин яйця до маси яєць, %		
Блок	Жовток	Шкаралупа
57,84±0,12	31,34±0,8	10,84±0,8
Відношення маси білку до маси жовтку	1,85	

Одним із найважливіших показників, що визначають під час вивчення якості яєць, є індекси форми, білка та жовтка. Ці показники відіграють ключову роль у забезпеченні правильного положення ембріона всередині яйця, що безпосередньо впливає на його нормальний розвиток і виживаність у перші дні життя. Індекс форми яйця характеризує співвідношення довжини і ширини, що визначає зручність розташування ембріона та рівномірність теплообміну під час інкубації. Індекс білка та індекс жовтка дозволяють оцінити пропорційність і якість поживних речовин, необхідних для формування органів та систем ембріона. Вивчення цих показників є важливим для прогнозування виводимості курчат, їхньої життєздатності та подальшої продуктивності птиці, а також для оптимізації технології вирощування та відбору інкубаційних яєць високої якості (табл. 3).

Таблиця 3

Показники якості яєць

Показник	Норма	
Кількість яєць	30	
Індекс форми, %	75,2±0,52	74-77
Індекс білка, %	8,5±0,38	7,5-8,5
Індекс жовтка, %	40,1±0,44	40-50

За даними, наведеними в таблиці 3, встановлено, що індекси форми яйця, білка та жовтка становлять відповідно 75,1 %, 8,4 % та 40,2 %, що знаходиться в межах рекомендованих значень.

Смертність зародків у вигляді «кров'яних кілець» та «замерзлих» у другій дослідній групі була меншою на 0,3 % та 1,5 % відповідно порівняно з контрольною групою. У цій дослідній групі також відзначалося відсутність «слабких курчат» та «задохликів».

За результатами досліджень першого досліду встановлено, що виводимість яєць збільшувалася на 1,1–4,2 %, а вихід курчат на 0,7–6,3 % у всіх дослідних групах, оброблених препаратом «Арквадез Плюс» у дозах від 5 до 15 мл/м³ порівняно з контрольною групою (за стандартною технологією виробництва).

Виводимість яєць у першій дослідній групі, обробленій препаратом Арквадез Плюс у дозі 5 мл/м³, становила 91,6 %, що на 1,1 % вище, ніж у контрольній групі (90,5 %), а вихід курчат збільшився на 0,7 % порівняно з контролем.

Максимальне збільшення виводимості яєць на 4,2 % ($p \leq 0,05$) і виходу курчат на 6,3 % ($p \leq 0,01$) порівняно з контрольною групою зафіксовано у другій дослідній групі, яку обробляли препаратом «Арквадез Плюс» у дозі 10 мл/м³ (Таблиця 4).

Обробка яєць препаратом Арквадез Плюс у дозі 15 мл/м³ (друга дослідна група) дозволила підвищити виводимість яєць на 2,1 % та вихід курчат на 0,7 % порівняно з контрольною групою (табл. 4).

Таблиця 4

Показники інкубації яєць

Група	Відходи інкубації яєць, %				Виводимість яєць, %	Виводимість курчат, %
	Незапліднені яйця	Завмерлі	Задохлики	Слабкі курчата		
Контрольна	5,8±1,61	2,8±1,28	1,2±0,86	0,4±0,6±	90,5±1,76	85,6±1,77
1 дослідна	5,7±1,67	2,8±1,16	3,3±1,39	1,4±0,55±	91,5±1,56	87,4±2,17
2 дослідна	2,7±1,68	2,7±1,22	-	-	93,6±1,79*	91,0±2,15**

- $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$

Аналіз показників відходів інкубації свідчить про різницю між контрольною та дослідними групами. У контрольній групі рівень незапліднених яєць становив 5,8%, завмерлих ембріонів - 2,8 %, задохликів - 1,2 %, слабких курчат - 0,4 %. Виводимість яєць дорівнювала 90,5 %, а виводимість курчат - 85,6 %.

У першій дослідній групі суттєвого зниження кількості незапліднених та завмерлих яєць не відмічено порівняно з контролем. Водночас спостерігалось збільшення частки задохликів і слабких курчат. Незважаючи на це, виводимість яєць підвищилася до 91,5 %, а виводимість курчат до 87,4 %, що перевищує контрольні показники.

Найкращі результати отримано у другій дослідній групі. Кількість незапліднених яєць зменшилася до 2,7 %, завмерлих - до 2,7 %, при цьому задохлики та слабкі курчата були відсутні. Виводимість яєць становила 93,6 % (* $p \leq 0,05$), а виводимість курчат - 91,0 % (** $p \leq 0,01$), що є статистично достовірно вищим порівняно з контрольною групою.

Отже, результати дослідження свідчать, що застосування препарату у другій дослідній групі забезпечило найвираженіше зниження втрат під час інкубації та сприяло достовірному підвищенню виводимості яєць і курчат. Це дозволяє вважати обрану дозу найбільш ефективною в умовах проведеного експерименту.

Відомо, що розвиток внутрішніх органів у курей має надзвичайно велике значення, і ця характеристика визначається об'єктивними показниками. Втрата живої маси навіть на кілька грамів може надовго затримати ріст і розвиток організму птиці. Оцінку курчат у добовому віці проводять за показником живої маси: чим вища жива маса птиці, тим сприятливіше відбувався інкубаційний процес.

Анатомо-морфологічні показники курчат визначають шляхом розтину молодняку в добовому віці. Такий метод дозволяє об'єктивно оцінити фізіологічний стан новонароджених курчат та ступінь їх розвитку в ембріональний період. У зв'язку з цим відносну масу внутрішніх органів розраховують у відсотках до маси тіла, що дає можливість порівнювати рівень розвитку різних органів і систем незалежно від загальної маси курчати.

Визначення відносної маси та стану внутрішніх органів є важливим показником біологічної повноцінності й життєздатності молодняку. Особливу увагу

приділяють таким органам, як печінка, серце, шлунок, кишечник, легені та жовтковий мішок, оскільки їх розвиток відображає інтенсивність обмінних процесів під час ембріогенезу та ефективність використання поживних речовин яйця.

Маса жовткового мішка із залишковим жовтком характеризує рівень утилізаційної активності зародка в процесі розвитку. У нормі поживні речовини жовтка поступово засвоюються і використовуються для росту та формування тканин і органів ембріона. Якщо жовток яйця не використовується належним чином, його маса буде надмірно великою відносно маси тіла курчати. Це може свідчити про порушення режиму інкубації, зокрема температури, вологості, газообміну або про знижену інтенсивність обмінних процесів у зародка [8].

Біологічно повноцінний молодняк має залишковий жовток середньої консистенції, який повинен бути добре втягнутий у черевну порожнину та не мати ознак запалення або патологічних змін. Правильно сформований жовтковий мішок є важливим джерелом поживних речовин для курчати в перші дні після вилуплення, забезпечуючи його енергетичні потреби та сприяючи кращій адаптації до умов зовнішнього середовища.

Печінка здорового добового курчати зазвичай має щільну консистенцію та відносно значні розміри, що зумовлено її важливою роллю у процесах обміну речовин. Вона може мати жовтуватий відтінок, що пов'язано з виділенням крові під час забою курчати або особливостями обміну пігментів. За нормальних умов печінка має однорідну структуру без видимих патологічних змін, що свідчить про нормальний перебіг метаболічних процесів у організмі [5].

Серце є одним із важливих показників нормального розвитку курчат, оскільки його розміри та маса відображають ступінь сформованості серцево-судинної системи. Залежно від режиму інкубації, зокрема температури, вологості та забезпечення киснем, маса серця може відхилятися від норми на 40–80 %. Значні відхилення можуть свідчити про порушення ембріонального розвитку або несприятливі умови інкубації, що в подальшому може негативно впливати на життєздатність та інтенсивність росту курчат.

Важливим показником також є розвиток органів травної системи, зокрема залозистого та м'язового шлунка, а також кишечника. Добре сформована травна система забезпечує швидку адаптацію курчат до споживання корму після вилуплення та сприяє ефективному засвоєнню поживних речовин. Легені добових курчат повинні бути добре розвиненими, що свідчить про нормальний газообмін у завершальний період інкубації.

Таким чином, оцінка анатомо-морфологічних показників добових курчат дає можливість визначити якість інкубації, встановити рівень біологічної повноцінності отриманого молодняку та виявити можливі відхилення у розвитку ембріонів. Отримані дані широко використовуються у наукових дослідженнях і практиці птахівництва для вдосконалення технології інкубації та підвищення життєздатності й продуктивності курчат-бройлерів [10].

Аналіз внутрішніх показників добових курчат свідчить про позитивний вплив обробки інкубаційних яєць препаратом «Арквадез Плюс» у дозі 10 мл/м³ на розвиток внутрішніх органів молодняку та їх біологічну повноцінність. Жива маса курчат у дослідній групі була вищою (42,54 г проти 42,23 г у контролі), що свідчить про більш успішний перебіг ембріонального розвитку.

Маса залишкового жовтка була меншою (3,8 г; 9,97 %) порівняно з контрольною групою (5,4 г; 12,87 %), що відображає більш повне використання поживних речовин жовтка під час ембріогенезу та формування більш міцного та життєздатного молодняку.

Таблиця 5

Інтер'єрні показники курчат у добовому віці, n=5

Показники	1 Контрольна		2 Дослідна (10 мл на 1м ³)	
	Абсолютна маса, (X±)	Відносна маса, %	Абсолютна маса, (X±)	Відносна маса%
Маса ципляти, г	42,23±0,17	-	42,54±0,14	-
Маса жовтка, г	5,4±0,22	12,87	3,8	9,97
Маса печінки, г	1,220,23	2,97	1,43±0,02*	3,37
Маса м'язового шлунку, г	2,22±0,15	0,037	2,73±0,38	6,38
Маса серця, г	0,41±0,02	1,07	0,53±0,05	1,23
Маса селезінки, г	16,220,02	0,038	18,43±0,03*	0,042

Абсолютна і відносна маса печінки у дослідній групі значно зросли (1,43 г і 3,37 % проти 1,22 г і 2,97 % у контролі), що свідчить про активізацію обмінних процесів та інтенсивний розвиток метаболічної системи. Масивніший м'язовий шлунок (2,73 г проти 2,22 г) характеризує кращий розвиток травної системи та готовність молодняку до ефективного засвоєння корму.

Маса серця у дослідній групі була більшою (0,53 г проти 0,41 г у контролі), що свідчить про інтенсивний розвиток серцево-судинної системи та забезпечення організму необхідним кровопостачанням. Збільшення маси селезінки (18,43 г проти 16,22 г, $p \leq 0,05$) відображає поліпшення розвитку імунної системи, що є важливим для стійкості молодняку до інфекцій та стресових факторів.

Обробка інкубаційних яєць препаратом «Аркуадез Плюс» у дозі 10 мл/м³ сприяє більш гармонійному розвитку внутрішніх органів добових курчат, формуванню біологічно повноцінного молодняку, підвищенню його життєздатності та закладанню основи для подальшої продуктивності та здоров'я курчат-бройлерів.

Отже, отримані результати підтверджують, що застосування препарату у дозі 10 мл/м³ сприяє більш гармонійному розвитку внутрішніх органів добових курчат та формуванню біологічно повноцінного молодняку.

У таблиці 6 наведено динаміку приросту живої маси курчат-бройлерів у різні вікові періоди вирощування. Аналіз цих показників дозволяє оцінити інтенсивність росту птиці, ефективність застосованої технології та вплив досліджуваного препарату на продуктивні якості молодняку.

Аналіз динаміки приросту живої маси свідчить про поступове зростання показників у дослідних групах порівняно з контролем протягом усього періоду вирощування.

У період 1-7 доби середньодобовий приріст у контрольній групі становив 16,62 г, тоді як у першій дослідній - 16,85 г, а у другій - 17,36 г, що свідчить про більш інтенсивний початковий ріст у дослідних групах.

У віці 8–14 діб різниця між групами стала більш вираженою: 35,85 г у контролі проти 37,88 г і 38,55 г у першій та другій дослідних групах відповідно.

У період 15–21 доби перевага дослідних груп зберігалася, хоча різниця була менш значною.

У віці 22–28 діб та 29–35 діб найвищі прирости відзначалися у другій дослідній групі (80,84 г та 89,25 г відповідно), що перевищувало контрольні показники (79,08 г та 86,41 г).

У середньому за весь період 1–35 діб середньодобовий приріст у контрольній групі становив 55,26 г, у першій дослідній -56,13 г, а у другій -57,07 г.

Таблиця 6

Динаміка приросту живої маси курчат-бройлерів (г)

Група та вік		
Контрольна	1 дослідна	2 дослідна
1-7 доба		
16,62	16,85	17,36
8-14 доба		
35,85	37,88	38,55
15-21 доба		
58,88	59,22	59,42
22-28 доба		
79,08	79,84	80,84
29-35 доба		
86,41	86,84	89,25
1-35 доба		
55,26	56,13	57,07

Отже, отримані дані свідчать про більш інтенсивний ріст курчат-бройлерів у дослідних групах, особливо у другій дослідній, що підтверджує позитивний вплив застосованого препарату на продуктивність молодняку.

Таблиця 7

Абсолютний і відносний приріст живої маси курчат-бройлерів, г

Група та вік		
Контрольна	1 дослідна	2 дослідна
1-7 доба		
116,3	117,8	121,3
8-14 доба		
266,5	266,0	271,0
15-21 доба		
413,4	414,4	416,0
22-28 доба		
534,6	558,0	564,9
29-35 доба		
603,8	607,0	624,6
1-35 доба		
1954,3	1963,9	1996,2

Аналіз показників абсолютного та відносного приросту живої маси курчат-бройлерів свідчить про позитивний вплив досліджуваних факторів у дослідних групах порівняно з контролем. У період 1–7 доби абсолютний приріст у 1-й дослідній групі був вищим за контроль, а у 2-й дослідній ідентично, що вказує на кращу інтенсивність росту вже на початковому етапі вирощування. У віці 8–14 діб у 1-й дослідній групі спостерігалось незначне зниження показника.

У період 15–21 доби різниця між групами була незначною, однак обидві дослідні групи мали вищі показники за контроль. Найбільш виражений ефект відмічено у віці 22–28 діб: приріст у 1-й дослідній групі перевищував контроль, аналогічно з 2-гою, що свідчить про максимальну реалізацію ростового потенціалу саме в цей період. У заключний період вирощування (29–35 діб) перевага зберігалася, особливо у 2-й дослідній групі.

Загалом за весь період 1–35 діб абсолютний приріст живої маси у 1-й дослідній групі перевищував контроль на 0,49%, а у 2-й - на 2,14 %. Отже, найвищі показники росту отримано у 2-й дослідній групі, що свідчить про більшу ефективність застосованого чинника та його позитивний вплив на інтенсивність росту курчат-бройлерів.

Найважливішим методом діагностики захворювань, за яким можна судити про рівень метаболічних процесів і стан здоров'я організму, є проведення клінічних та біохімічних аналізів крові.

Склад крові залежить від фізіологічного стану організму, віку, статі, умов годівлі та інших факторів.

За період дослідження встановлено, що вміст гемоглобіну у добовому та 30-добовому віці в дослідних і контрольній групах знаходився на рівні фізіологічних норм.

У другій дослідній групі відмічено, що рівень гемоглобіну та кількість еритроцитів були вищими на 5–6 % та 0,4 % відповідно порівняно з контрольною групою.

Слід зазначити, що морфологічний склад крові у курчат добового та 30-добового віку, отриманих після обробки інкубаційних яєць розчинами препарату «Арквадез Плюс», не мав виражених змін порівняно з контролем.

Таблиця 8

Вплив препарату «Арквадез Плюс» на гематологічні показники крові курчат у добовому та 30-денному віці, n=10

Показники	Групи		
	контрольна	1 дослідна	2 дослідна
Добовий вік			
Еритроцити, Т/л	1,6 ± 0,13	1,7 ± 0,11	2,2 ± 0,15
Гемоглобін, %	77,1 ± 0,73	77 ± 0,6	83 ± 0,67
Загальний білок, г/л	21,1 ± 0,27	21,4 ± 0,2	22,8 ± 0,56
ШОЕ, мм/ч	5,1 ± 0,3	5,0 ± 0,3	4,8 ± 0,1
30-добовий вік			
Еритроцити, Т/л	1,8 ± 0,18	1,7 ± 0,12	2,2 ± 0,15
Гемоглобін, %	83 ± 0,67	83 ± 0,74	89,0 ± 0,64
Загальний білок, г/л	31,1 ± 0,31	31,8 ± 0,31	34,8 ± 0,38
ШОЕ, мм/ч	5,7 ± 0,2	4,3 ± 0,4	4,8 ± 0,1

Протягом дослідження всі гематологічні показники курчат-бройлерів залишалися в межах фізіологічної норми, що свідчить про стабільний фізіологічний стан птиці під час експерименту. У добовому віці найвищі показники відзначалися у другій дослідній групі: кількість еритроцитів становила 2,2 Т/л, що перевищувало контрольну групу (1,6 Т/л) та першу дослідну групу (1,7 Т/л). Рівень гемоглобіну

у другій дослідній групі був 83, тоді як у контрольній та першій дослідній групах він дорівнював 77,1 та 77 відповідно. Вміст загального білка також був найвищим у другій дослідній групі (22,8 г/л), що свідчить про активніші обмінні процеси та кращий білковий метаболізм у молодняку. Показник ШОЕ у дослідних групах був дещо нижчим порівняно з контролем, що вказує на відсутність запальних реакцій та стабільність системного стану організму.

У 30-добовому віці спостерігалася подібна тенденція. Найвища кількість еритроцитів і рівень гемоглобіну залишалися у другій дослідній групі (2,2 Т/л та 89 відповідно), а концентрація загального білка зросла до 34,8 г/л, що підтверджує інтенсивний розвиток організму та активний обмін речовин. Показник ШОЕ у дослідних групах залишався нижчим за контроль, що свідчить про відсутність патологічних процесів і нормальний стан судинної та імунної системи.

Крім того, аналіз гематологічних показників дозволяє зробити висновок про позитивний вплив застосованого препарату на розвиток кровотворної системи та оптимізацію обмінних процесів у курчат-бройлерів. Підвищення рівня еритроцитів та гемоглобіну сприяє кращому постачанню тканин киснем, а збільшення загального білка інтенсивному росту та формуванню міцної імунної системи. Зниження або стабільність ШОЕ підтверджує відсутність стресових або запальних реакцій у птиці.

Отже, отримані дані свідчать, що застосування досліджуваного препарату у другій дослідній групі забезпечує найбільш сприятливий розвиток курчат-бройлерів, підвищує продуктивність та стабільність фізіологічного стану, що робить його доцільним для використання у технології інтенсивного вирощування молодняку.

Висновки та пропозиції. Дослідження показали, що застосування препарату «Арквадез Плюс» позитивно впливає на показники якості яєць при інкубації та виводимість курчат. Індeksi форми яйця, білка та жовтка залишаються в межах рекомендованих норм. У другій дослідній групі, яку обробляли препаратом у дозі 10 мл/м³, відзначалася найменша смертність зародків у вигляді «кров'яних кілець» та «замерзлих», а також відсутність «слабких курчат» та «задохликів».

Виводимість яєць у дослідних групах підвищувалася на 1,1–4,2 %, а вихід курчат – на 0,7–6,3 % порівняно з контрольною групою. Найбільше підвищення виводимості яєць і виходу курчат зафіксовано у другій дослідній групі (10 мл/м³) – на 4,2 % та 6,3 % відповідно, що було статистично достовірним. Обробка третьої дослідної групи (15 мл/м³) також сприяла підвищенню виводимості та виходу курчат, хоча ефект був менш вираженим, ніж у другій групі.

Аналіз показників відходів інкубації показав суттєву різницю між контрольною та дослідними групами. У контрольній групі спостерігалися найвищі показники незапліднених яєць, завмерлих ембріонів, задохликів та слабких курчат, а виводимість яєць і курчат була нижчою порівняно з дослідними групами.

У першій дослідній групі спостерігалася незначне підвищення виводимості яєць та курчат, хоча кількість задохликів і слабких курчат зросла.

Найкращі результати отримано у другій дослідній групі: зменшилася кількість незапліднених яєць та завмерлих ембріонів, задохлики та слабкі курчата були відсутні. Виводимість яєць і курчат була статистично достовірно вищою порівняно з контролем. Застосування препарату «Арквадез Плюс» у другій дослідній групі забезпечило максимальне зниження втрат під час інкубації та достовірне підвищення виводимості яєць і курчат, що дозволяє вважати обрану дозу оптимальною та найбільш ефективною в умовах проведеного експерименту.

Застосування препарату «Арквадез Плюс» під час інкубації курячих яєць позитивно впливає на зменшення втрат ембріонів та підвищення виводимості яєць

і курчат. Найбільш ефективним виявилася доза, використана у другій дослідній групі, яка забезпечила зниження кількості незапліднених яєць та завмерлих ембріонів, повну відсутність задохликів і слабких курчат, а також статистично достовірне підвищення виводимості яєць і курчат порівняно з контролем. Отже, ця доза препарату є оптимальною для підвищення ефективності інкубації та поліпшення продуктивності курчат-бройлерів.

Аналіз динаміки приросту живої маси курчат-бройлерів показав, що застосування препарату позитивно впливає на інтенсивність росту молодняку. Протягом усього періоду вирощування середньодобові прирости у дослідних групах були вищими порівняно з контролем, особливо у другій дослідній групі. Найбільша різниця спостерігалася у період 8–14 діб та на заключних етапах росту (22–28 і 29–35 діб). Середньодобовий приріст за весь період 1–35 діб у другій дослідній групі перевищував контрольні показники, що свідчить про більш інтенсивний ріст та підтверджує позитивний вплив препарату на продуктивність курчат-бройлерів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Гавілей О. В., Панкова С. М., Катеринич О. О., Полякова Л. В. Вплив заміни соєвого шроту на соняшниковий у раціоні курчат-бройлерів на їх ріст і розвиток. *Вісник аграрної науки*. 2020. Т. 98. № 12. С. 32–40.
2. Івко І. І., Мельник В. А., Кульбаба С. В., Дуюнов Е. Е. Мікроклімат пташників: основні поняття, параметри та їхній вплив на продуктивність птиці та екологічну безпеку виробництва. *Птахівництво: міжвідомчий тематичний науковий збірник Інституту птахівництва УААН*. Харків. 2005. Вип. 56. С. 51–62.
3. Нетяга С. І. Сучасний підхід до планування у птахівництві. *Міжнародний досвід. Вісник Харківського національного аграрного університету ім. В. В. Докучаєва. Серія: Економічні науки*. 2017. № 2. С. 157–168.
4. Родіна О. В. Аналіз ринку м'яса птиці в Україні: сучасний вектор у контексті продовольчої безпеки. *Підприємництво та інновації*. 2022. № 23. С. 91–96.
5. Осипенко І. В., Мерзлов С. В. Якісні показники м'яса курчат-бройлерів за згодовування їм біомаси вермикультури. *Аграрна освіта та наука: досягнення, роль, фактори росту. Сучасний розвиток технологій тваринництва. Інноваційні підходи у харчових технологіях: матеріали міжнар. наук.-практ. конф., 26 жовт. 2023 р., Біла Церква*. 2023. С. 9–11.
6. Сендецька С. В. Сучасний стан та перспективи розвитку світового ринку м'яса птиці. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького*. 2017. Т. 19. № 76.
7. Засуха Ю. В., Отченашко В. В., Ільчук І. І., Грищенко С. М. Продуктивність курчат-бройлерів за різних рівнів і співвідношень між аргініном та лізином у комбікормі. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2022. № 2 (96).
8. Слободянюк Н. М., Кондратюк В. М. Ефективність використання ферментних препаратів у годівлі курчат-бройлерів. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького*. 2011. Т. 13. № 4 (50). Ч. 3. С. 297–300.
9. Усатенко Н., Калашник М., Копилова К. та ін. Обґрунтування раціональних умов холодильного оброблення тушок у технології виробництва м'яса курчат-бройлерів. *Продовольчі ресурси*. 2020. Т. 8. № 15. С. 185–194.
10. Çapan, B., Bagdatlı, A. Investigation of physicochemical, microbiological and sensorial properties for organic and conventional retail chicken meat. *Food Sci. Hum. Wellness*, 2021. №10. P. 183–190.
11. Weimer S. L., Wideman R. F., Scanes C. G., Mauromoustakos A., Christe K. D. Broiler stress responses to light intensity, flooring type, and leg weakness as assessed by heterophil to lymphocyte ratios, serum corticosterone, infrared thermography, and latency to lie. *Poultry Science*, 2020. 99 (7). P. 3301–3311.

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 636.4.082

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.3.30>

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ НАУКОВИХ ПІДХОДІВ ТА ПРАКТИЧНОГО ДОСВІДУ У СФЕРІ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СВИНЕЙ

Торяник А.Ю. — здобувач третього рівня вищої освіти доктора філософії за спеціальністю Н2 «Тваринництво»,
Інститут свинарства і агропромислового виробництва
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0009-0007-7702-5432

У статті розглянуто сучасні наукові підходи та практичний досвід у сфері підвищення продуктивності свиней. Наголошено, що забезпечення продовольчої безпеки держави та вихід на міжнародні ринки потребують відмови від екстенсивних методів господарювання на користь інноваційних технологій.

Свинарство є однією з ключових галузей тваринництва, що забезпечує населення високоякісними білковими продуктами харчування. На даний час свинарство України переживає нелегкий час, стикаючись зі складними викликами сьогодення: війна, АЧС, тощо. Підвищення продуктивності свиней є важливим напрямом розвитку аграрного сектору та забезпечення продовольчої безпеки держави. На практиці не завжди вдається обрати правильні підходи та створити необхідні умови для покращення продуктивності свиней, тому важливо робити вірну оцінку тих чи інших підходів.

Метою роботи було систематизувати та проаналізувати сучасні науково-практичні підходи до інтенсифікації свинарства.

Дослідження базувались на аналітичному методі, огляді провідних вітчизняних і зарубіжних літературних джерел та узагальненні результатів практичного впровадження інновацій у свинарських господарствах.

Встановлено, що ключовим фактором прогресу є перехід від традиційного відбору за фенотипом до молекулярно-генетичних методів (MAS- та GAS-селекція). Особливу увагу приділено етологічним показникам (темпераменту свиноматок) та параметрам вирівняності гнізда. Доведено ефективність прецизійної годівлі з використанням синтетичних амінокислот та ферментів, що дозволяє оптимізувати конверсію корму та знизити екологічне навантаження.

Обґрунтовано роль цифровізації та штучного інтелекту для індивідуального моніторингу тварин. Визначено, що імплементація стандартів добробуту згідно з Директивою 2008/120/ЄС є необхідною умовою для мінімізації стресових факторів та підвищення загальної резистентності поголів'я.

Автором доведено, що лише комплексний підхід, який поєднує генетичний потенціал, цифрові системи управління та науково обґрунтовану годівлю, здатний забезпечити сталий розвиток галузі та високу конкурентоспроможність вітчизняної свинини.

Перспективи подальших досліджень полягають у поглибленому вивченні ефективності цифрових технологій у свинарстві, а також дослідженні впливу інноваційних кормових добавок на продуктивність, здоров'я тварин і якість продукції.

Ключові слова: свинарство, продуктивність, селекція, прецизійна годівля, цифровізація.

Toranyk A.Y. Analysis of modern scientific approaches and practical experience in the field of increasing pig productivity

The article examines modern scientific approaches and practical experience in improving pig productivity. It emphasizes that ensuring the state's food security and entering international markets require a transition from extensive farming methods to innovative technologies.



© Торяник А.Ю., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Pig farming is one of the key branches of animal husbandry, providing the population with high-quality protein products. Currently, the pig industry in Ukraine is going through a difficult period, facing serious challenges such as war and African swine fever (ASF), among others. Increasing pig productivity is an important direction for the development of the agricultural sector and ensuring national food security. In practice, it is not always possible to choose the right approaches and create the necessary conditions to improve pig productivity; therefore, it is important to correctly assess various methods.

The aim of the study was to systematize and analyze modern scientific and practical approaches to the intensification of pig production.

The research was based on analytical methods, a review of leading domestic and foreign literature sources, and the generalization of results from the practical implementation of innovations in pig farming enterprises.

It was established that the key factor of progress is the transition from traditional phenotypic selection to molecular genetic methods (MAS and GAS selection). Particular attention is paid to ethological indicators (temperament of sows) and litter uniformity parameters. The effectiveness of precision feeding using synthetic amino acids and enzymes has been proven, allowing optimization of feed conversion and reduction of environmental impact.

The role of digitalization and artificial intelligence for individual animal monitoring is substantiated. It is determined that the implementation of welfare standards in accordance with Directive 2008/120/EC is a necessary condition for minimizing stress factors and increasing the overall resistance of livestock.

The author proves that only a comprehensive approach, combining genetic potential, digital management systems, and scientifically grounded feeding, can ensure sustainable development of the industry and high competitiveness of domestic pork.

Prospects for further research include a deeper study of the effectiveness of digital technologies in pig farming, as well as the investigation of the impact of innovative feed additives on productivity, animal health, and product quality.

Key words: *pig farming, productivity, selection, precision feeding, digitalization.*

Актуальність теми дослідження. В умовах глобальних економічних і соціальних викликів тема підвищення продуктивності свиней є однією з найбільш актуальних, вона зумовлена постійно зростаючою потребою у забезпеченні населення високоякісними білковими продуктами харчування, якими є свинина. Свинарство залишається однією з провідних галузей тваринництва в Україні, воно функціонує в умовах нестабільності, спричиненої військовими діями, поширенням африканської чуми свиней, подорожчанням кормів та енергоресурсів. У таких умовах підвищення продуктивності свиней є ключовим фактором забезпечення ефективності виробництва та конкурентоспроможності галузі. Особливої значущості набуває впровадження сучасних наукових підходів, зокрема генетичного вдосконалення, оптимізації годівлі, покращення умов утримання та використання інноваційних і цифрових технологій.

Важливим аспектом є необхідність зниження собівартості продукції, підвищення біобезпеки господарств, покращення добробуту тварин та мінімізації негативного впливу на довкілля. Аналіз сучасних наукових підходів і практичного досвіду дозволяє визначити найбільш ефективні методи підвищення продуктивності свиней і сприяє їх впровадженню у виробництво, що є важливим для забезпечення продовольчої безпеки держави.

Постановка проблеми. У сучасних умовах розвитку аграрного сектору особливої актуальності набуває підвищення ефективності свинарства як однієї з провідних галузей тваринництва. Важливим напрямом наукових досліджень і практичної діяльності є пошук та впровадження ефективних підходів до підвищення продуктивності свиней. Незважаючи на значний розвиток наукових досліджень і впровадження сучасних технологій у галузі, рівень продуктивності свиней у багатьох господарствах залишається недостатнім, що зумовлено низкою факторів,

зокрема недосконалістю систем годівлі, генетичного потенціалу поголів'я, умов утримання та рівня ветеринарного забезпечення [1-6].

У практиці свинарства дедалі більшого поширення набувають інноваційні підходи, такі як точна годівля, фазова годівля та використання збалансованих раціонів із застосуванням синтетичних амінокислот. Ці методи дозволяють оптимізувати забезпечення організму тварин поживними речовинами відповідно до їхніх фізіологічних потреб, що сприяє підвищенню продуктивності та зниженню витрат кормів [7-9].

Водночас впровадження цифрових технологій виступає одним із ключових чинників підвищення ефективності функціонування галузі свинарства [10-12]. В Україні ця проблема є особливо актуальною, оскільки значна частина виробництва досі базується на екстенсивних підходах, що обмежує рівень продуктивності та конкурентоспроможності галузі [13].

Однак в Україні впровадження таких підходів часто залишається обмеженим, що зумовлює необхідність узагальнення сучасних наукових досягнень і практичного досвіду з метою їх подальшого ефективного застосування.

Метою роботи було систематизувати та проаналізувати сучасні наукові підходи та практичний досвід у сфері підвищення продуктивності свиней.

Методика досліджень. Поставлені в роботі завдання вирішувалися шляхом використання аналітичного (огляд літератури, узагальнення результатів) методу дослідження.

Результати досліджень. Сучасна технологія підвищення продуктивності свиней має спиратися на: інноваційні методи розведення і оцінку племінної цінності тварин; прецизійну годівлю з амінокислотною корекцією; жорстку біобезпеку з аудитом; імплементацію стандартів добробуту ЄС; поступовий перехід до геномної селекції. Комплексність цих заходів узгоджується з науковими оглядами та галузевими рекомендаціями, і відповідає ринковому контексту України [14, 15].

Сучасне свинарство перебуває на етапі активного технологічного розвитку, і селекція є ключовим фактором підвищення продуктивності галузі. Якщо традиційні зоотехнічні методи відбору тварин базувалися переважно на фенотипових характеристиках та родовах, то сьогодні все більшого значення набувають молекулярно-генетичні підходи, які дозволяють аналізувати спадковий матеріал на рівні ДНК. Такий підхід покладено в основу MAS- та GAS-селекції, використання яких значно прискорює темпи створення нових генотипів і отримання тварин з бажаними параметрами продуктивності. Використання таких методів відкриває нові можливості для підвищення ефективності селекції, збереження генетичного розмаїття та адаптації порід до змінних умов навколишнього середовища [16, 17].

Попри активне вивчення локусів кількісних ознак (QTN) та впровадження маркер-асоційованої селекції (MAS) у сучасному свинарстві, практична реалізація цих методів часто стикається з низкою перешкод. Ключовою причиною низької ефективності генетичних маркерів є ігнорування специфіки їхнього прояву в конкретних генофондах. Оскільки результативність MAS критично залежить від точності асоціативного аналізу, ідентичні генетичні маркери можуть демонструвати діаметрально протилежний зв'язок із продуктивністю навіть у межах різних ліній однієї породи [18, 19]. Тому важливим етапом під час вибору генетичного маркера є визначення рівня його поліморфізму саме в тих популяціях, в яких, власне, передбачається проводити MAS.

Інтенсифікація селекційного процесу потребує впровадження нових методичних підходів до оцінювання генотипу під час племінного добору та визначення

плеємінної цінності тварин. Для підвищення ефективності свинарства в Україні важливо раціонально використовувати як вітчизняний генофонд свиней, так і імпортерне поголів'я, вже адаптоване до місцевих умов. [20, 21].

Важливим чинником підвищення ефективності свиноматок є також достатня кількість функціональних сосків. Сучасна селекція орієнтується на досягнення середнього показника близько 16 сосків, що зменшує конкуренцію між поросятами та забезпечує кожному доступ до молока [22-24].

Одночасно актуальним напрямом селекції є також зменшення варіації маси поросят при народженні та одночасне її підвищення. Вирівняність гнізда позитивно впливає на весь цикл вирощування - від народження до завершення відгодівлі, сприяючи збільшенню кількості продуктивних циклів і отриманню більшої частки свиней із бажаними показниками. Поєднання високої та рівномірної маси поросят забезпечує кращі умови їх розвитку, зменшує конкуренцію за соски та сприяє рівномірному споживанню поживних речовин. [25].

Сучасна зоотехнічна наука зміщує вектор селекції в бік етологічних показників, зокрема оцінки темпераменту та материнської поведінки свиноматок. Цей напрям інтегрується у загальну стратегію підвищення продуктивності через прямий кореляційний зв'язок із життєздатністю приплоду, економічною ефективністю та виробничою безпекою [26].

Як уже добре відомо на проявлення ознак продуктивності мають вплив не тільки спадковість або генотип тварини, але й умови середовища, в яких вона росте і розвивається. На думку багатьох дослідників і практиків, селекційно-плеємінна робота зі свинями повинна здійснюватися у максимально сприятливих умовах годівлі, утримання і догляду [27].

Технологія утримання тварин має сприяти їхньому швидкому пристосуванню до змін умов зовнішнього середовища, збереженню високого рівня продуктивності і стану здоров'я, а також максимальному підвищенню періоду плеємінного використання [28].

Впровадження вимог Директиви 2008/120/ЕС (групове утримання свиноматок, площі, підстилка/матеріали для риття, освітлення, шум) підвищує прирости та зменшує травматизм і стрес. Українські роз'яснення та огляди акцентують на імплементації цих норм у технологічні проєкти [29].

Важливим підходом для покращення продуктивності свиней є оптимізація годівлі. Саме раціон визначає якість продукції, рівень росту, репродуктивні показники та конверсію корму. Значна інтенсифікація галузі несе за собою впровадження науково обгрунтованих підходів годівлі на максимальне використання потенціалу тварини. В останні роки ферментні кормові добавки стали важливим інструментом у досягненні цих цілей. [30]. Ферменти збагачують корми додатковими поживними речовинами, позитивно впливають на здоров'я, продуктивність тварин при цьому дозволяють вводити в корм важкозасвоювані компоненти раціону, суттєво скорочуючи вартість кормів [31]. Їх використання в годівлі свиней дає можливість підвищити рівень трансформації поживних речовин у тваринницьку продукцію, більш повно реалізувати генетичний потенціал організму, підтримувати в межах фізіологічної норми відтворювальні функції та життєздатність тварин [32].

Доведено, що оптимізація годівлі є одним із ключових чинників підвищення продуктивності. Світові й галузеві огляди доводять, що прецизійна годівля з щоденним індивідуальним дозуванням поживних речовин знижує витрати корму й екскрецію азоту і фосфору, покращує прирости та чистий прибуток а у поєднанні з низькопротеїновими раціонами й кристалічними амінокислотами додатково зменшує вуглецевий слід [33].

Встановлено, що умови утримання істотно плывають на продуктивність і відтворювальні ознаки свиней. Використання сучасних систем мікроклімату, автоматизованого контролю температури, вологості та вентиляції сприяє зниженню стресу у тварин і підвищенню їх продуктивності. Впровадження ефективних систем очищення покращує санітарний стан приміщень і зменшує ризик захворювань [34, 35].

Одним із пріоритетних напрямів розвитку є впровадження концепції точного тваринництва (Precision Livestock Farming), яка передбачає використання сучасних цифрових технологій для постійного моніторингу стану тварин та виробничих процесів [36]. Впровадження таких систем дозволяє здійснювати індивідуальний контроль кожної тварини, що значно підвищує ефективність управління поголів'ям. Важливу роль у цьому процесі відіграють технології інтернету речей, які забезпечують автоматичний збір даних про фізіологічний стан свиней, їхню активність та споживання корму [37]. За допомогою RFID-ідентифікації та сенсорних систем можливо оперативно виявляти відхилення у поведінці тварин і запобігати розвитку захворювань [38].

Значного розвитку набули технології штучного інтелекту та комп'ютерного зору, що дозволяють автоматично аналізувати поведінку свиней і виявляти ознаки стресу, агресії чи хвороб [39]. Це суттєво знижує вплив людського фактора та підвищує точність діагностики. Важливим напрямом є також використання технологій Big Data, які дають змогу накопичувати та аналізувати великі обсяги інформації щодо продуктивності, здоров'я та репродуктивних показників тварин. На основі цих даних формуються прогностичні моделі, що дозволяють приймати ефективні управлінські рішення [40]. Українські дослідники підкреслюють, що впровадження цифрових технологій у свинарстві є необхідною умовою підвищення ефективності галузі [41].

Враховуючи проведену систематизацію та аналіз сучасних наукових підходів і практичного досвіду у сфері підвищення продуктивності свиней, встановлено, що застосування лише одного напрямку є недостатнім. Це значить, що цифровізація без якісної генетики не дасть результату, так само як і найкращий генофонд не реалізується без прецизійної годівлі та комфортних умов утримання. Найбільш ефективним є комплексний підхід, який передбачає поєднання сучасних систем годівлі, комфортних умов утримання, селекційної роботи та цифрових технологій.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Підвищення продуктивності свиней у сучасних умовах досягається через реалізацію комплексного науково-технологічного підходу, що базується на синергії молекулярно-генетичних методів селекції, прецизійної годівлі з амінокислотною корекцією та впровадженні цифрових систем точного тваринництва, які в поєднанні з високими стандартами біобезпеки та добробуту забезпечують максимальну реалізацію генетичного потенціалу тварин, зниження собівартості продукції та зміцнення продовольчої безпеки держави.

Перспективи подальших досліджень полягають у поглибленому вивченні ефективності цифрових технологій у свинарстві, а також дослідженні впливу інноваційних кормових добавок на продуктивність, здоров'я тварин і якість продукції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Білоножко В. І. Технологія свинарства : підручник. Київ : Аграрна освіта, 2020. 256 с.
2. Ковальчук І. В. Селекційно-племінна робота у свинарстві: сучасний стан та перспективи. *Вісник аграрної науки*. 2020. № 12. С. 10–15.

3. Мельник Ю. Ф. Технології виробництва свинини. Київ : Аграрна наука, 2020. 312 с.
4. Кравченко О. І. Сучасні технології у свинарстві. Київ : НУБІП України, 2019. 245 с.
5. FAO. Pig sector development and health management. Rome : FAO, 2021. 145 p.
6. Технологічні аспекти виробництва органічної свинини / Іванов В. О., Волощук В. М., Онищенко А. О. та ін.: монографія. Полтава : ТОВ «Фірма “Техсервіс”», 2025. 399 с.
7. Дорошенко О. П. Продуктивність свиней у сучасних умовах: вплив генетики та годівлі. *Аграрна наука України*. 2021. № 3. С. 110–118.
8. Мельник П. В. Точна годівля свиней як фактор підвищення ефективності виробництва. *Тваринництво України*. 2022. № 5. С. 45–52.
9. Петренко Ю. О., Сидоренко Т. В. Фазова годівля та балансування раціонів для свиней. *Наукові записки НААН*. 2021. Т. 34, № 2. С. 88–96.
10. Hoffmann G. et al. A new approach to recording rumination behavior in dairy cows. *Sensors*. 2024. Vol. 24, No. 17. Article 5521. DOI: <https://doi.org/10.3390/s24175521>
11. Mylostyvyi R. et al. The effectiveness of an automated heat detection system in Brown Swiss heifers. *Veterinarska Stanica*. 2023. Vol. 55, No. 2. P. 157–167. DOI: <https://doi.org/10.46419/vs.55.2.7>
12. Wrzecińska M. et al. Agriculture in the face of new digitization technologies. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*. 2023. Vol. 27, No. 3. P. 9–17. DOI: <https://doi.org/10.56407/bs.agrarian/3.2023.09>
13. Михалко О. Г. Сучасний стан та перспективи розвитку свинарства в Україні. *Вісник Сумського НАУ*. 2021. № 4. С. 45–50.
14. Виробництво свинини – перспективи галузі до 2033 року. веб сайт URL: <https://eba.com.ua/bdo-v-ukrayini-vyrobnytstvo-svynyny-perspektyvy-galuzi-do-2033-roku/> (дата звернення: 14.02.2026).
15. Pomar C. et al. Feeding strategies to reduce nutrient losses and improve sustainability of pigs. *Frontiers in Veterinary Science*. 2021. URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fvets.2021.742220/full> (дата звернення: 02.03.2026).
16. Liang A. et al. Genetic analysis of reproductive traits in livestock. *Frontiers in Genetics*. 2023. Vol. 13. Article 1116038. DOI: <https://doi.org/10.3389/fgene.2022.1116038>
17. Корінний С. М. Онищенко А. О., Перетятко Л. Г. Генотипування свиней українських порід за мікросателітними локусами з тетра nukлеотидним мотивом. *Свинарство: міжвід. темат. наук. зб. Інституту свинарства і АПВ НААН*. Полтава, 2021. Вип. 75–76. С. 40–49. DOI: 10.37143/0371-4365-2021-75-76-04.
18. Rothschild M. F., Plastow G. S., Newman A. J. Genome-based selection and breeding. *Journal of Animal Science*. 2011. Vol. 89. P. 1259–1267. DOI: 10.2527/jas.2010-3490
19. Goddard M. E. Genomic selection. *Journal of Animal Breeding and Genetics*. 2009. Vol. 126. P. 340–351. DOI: 10.1111/j.1439-0388.2009.00808.x
20. Церенюк О. М. Розрахунок генетичного потенціалу продуктивності в свинарстві. *Науково-технічний бюлетень ІТ НААН*. 2020. Вип. 123. С. 194–204. DOI: <https://doi.org/10.32900/2312-8402-2020-123-194-204>
21. Церенюк О. М., Онищенко А. О. Напрямки подальшого удосконалення та раціонального використання української м'ясної породи свиней. *Науково-технічний бюлетень ІТ НААН*. 2017. Вип. 117. С. 233–239. URL: <http://animal.kharkov.ua/archiv/ntb/NTB%20117.pdf>
22. Міллер Е. Новый взгляд на экономические показатели продуктивности свинарства. *Hypor Maxter*. URL: <https://www.hypor.com/uk/news/new-perspective-economic-swine-performance-uk/> (дата звернення: 24.02.2026).
23. Пека М. Ю. Саенко А. М., Акімов О. В., Балацький В. М. Дослідження поліморфізму гену вертнину свиней. *Актуальні проблеми АПВ України : XIII Всеукр. наук.-практ. конф. Львів-Оброшине*, 2024. С. 100–101. URL: <https://drive.google>

com/file/d/1vkR4MM_8QvWYxxGfgWxDExYpidXrbQVI/view (дата звернення: 24.02.2026).

24. Zhang L. Wu Z., Wang Z., et al. Genome-wide association study for teat number in pigs. *Animals*. 2020. Vol. 10, No. 4. P. 699. URL: <https://www.frontiersin.org/journals/genetics/articles/10.3389/fgene.2021.650370/full> (дата звернення: 24.02.2026).

25. Вок М., Внесок Hypor Maxter у екостабільність. Hypor Maxter. URL: <https://www.hypor.com/uk/news/hypor-maxter-and-its-contribution-sustainability-uk/> (дата звернення: 29.01.2026).

26. Baxter E. M., Lawrence A. B., Edwards S. A. Alternative farrowing systems: design criteria for farrowing systems based on the biological needs of sows and piglets. *Animal*. 2011. Vol. 5, No. 4. P. 580–600. DOI: 10.1017/S1751731110002272

27. Іванов В. О. Онищенко А. О., Засуха Л. В., Конкс Т. М. Технологічні засоби підвищення продуктивності свиней. *Вісник аграрної науки*. 2023. № 10. С. 28–33. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202310-04>

28. Волощук В. М., Повод М. Г. Вплив умов утримання на репродуктивні якості свиноматок. *Свинарство: міжвід. темат. наук. зб. Інституту свинарства і АПВ НААН*. 2013. Вип. 62. С. 27–32.

29. Вимоги до благополуччя свиней імплементація європейських стандартів. Веб-сайт. URL: <https://www.pigua.info/uk/post/vimogi-do-blagopolucca-svinej-implementacia-evropejskih-standartiv> (дата звернення: 10.02.2026).

30. Нові ферментні препарати в годівлі сільськогосподарських тварин: монографія / Гуцол А. В. та ін. Вінниця : ФОП Рогальська І. О., 2014. 316 с.

31. Використання кормових добавок і комбікормів нового покоління у годівлі свиней та птиці: монографія / Чудак Р. А. Побережець Ю.М, Купчук І.М., Вугляр В.С. Вінниця : Твори, 2022. 248 с.

32. Гуцол А. В., Мазуренко М. О., Продан В. В., Бурдейна К. В. Показники якості свинини при згодовуванні ферментного препарату МЕК-1 *Збірник наукових праць ВНАУ*. 2013. Вип. 1 (71). С. 16–19.

33. Pomar C. et al. Feeding strategies to reduce nutrient losses and improve the sustainability of growing pigs. *Frontiers in Veterinary Science*. 2021. URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fvets.2021.742220/full> (дата звернення: 20.03.2026).

34. Дещенко О. С., Лихач А. В. Вплив температурного фактору за різних систем вентиляції на фізіологічні показники кнурів-плідників. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка..* 2023. № 41. С. 19–25. DOI: <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2023-4.3>

35. Волощук В. М., Герасимчук В. М. Порівняння збереженості поросят та інтенсивності їх росту у період дорощування при різних способах подачі та видалення повітря. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2017. Вип. 4 (68). URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/9117/8354> (дата звернення: 20.03.2026).

36. Berckmans D. General introduction to precision livestock farming. *Animal Frontiers*. 2017. Vol. 7, No. 1. P. 6–11.

37. Li G., Wang Y., Li D. IoT-based monitoring systems in pig production. *Sensors*. 2020. Vol. 20, No. 3.

38. Neethirajan S. The role of sensors in livestock farming. *Biosystems Engineering*. 2020. Vol. 195. P. 15–25.

39. Nasirahmadi A., Edwards S., Sturm B. Implementation of machine vision for detecting behaviour of pigs. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2017. Vol. 133. P. 272–278.

40. Степаненко І. М. Розвиток свинарства в Україні в умовах цифровізації. *Економіка та держава*. 2022. № 5. С. 90–95.

41. Калінчик М. В., Ребрина А. М. Контрактне свинарство: сучасний стан та перспективи розвитку. *Економіка АПК*. 2025. № 2. С. 32–38.

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 636.92.087.72:612.33

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.3.31>

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ПРОБІОТИКІВ У КРОЛІВНИЦТВІ

Уманець Д.П. – к.с.-г.н.,

доцент кафедри годівлі тварин та технології кормів ім. П. Д. Пшеничного,

Національний університет біоресурсів і природокористування України

orcid.org/0000-0002-1973-1132

У статті проведено комплексний аналіз сучасних наукових досліджень, присвячених використанню пробіотиків у галузі кролівництва. Актуальність теми зумовлена специфікою травної системи кролів, яка є надзвичайно вразливою до патогенних впливів, особливо в період відлучення. Встановлено, що пробіотики – (бактерії роду *Lactobacillus*, *Bacillus*, *Enterococcus*, а також дріжджі *Saccharomyces cerevisiae* та гриби *Aspergillus awamori*) – виступають ефективною альтернативою антибіотичним стимуляторам росту, сприяючи стабілізації мікробіому та зміцненню імунного статусу організму.

Доведено, що пробіотики стимулюють показники росту кролів шляхом покращення гістоморфології кишківнику та активації ендокринної системи. Зокрема, виявлено позитивний вплив на рівні тиреотропних гормонів та гормонів щитоподібної залози (Т3, Т4), що прискорює обмін речовин. Стимуляція вироблення серотоніну сприяє покращенню апетиту та збільшенню середньодобового споживання корму, що безпосередньо корелює з підвищенням живої маси та покращенням коефіцієнта конверсії корму. Особливу увагу в огляді приділено механізмам формування кишкового мікробіому. Пробіотики забезпечують бар'єрний ефект через адгезію до слизової оболонки, конкурентне витіснення патогенів (*E. coli*, *Clostridium perfringens*) та синтез антимікробних пептидів. Важливим аспектом є здатність пробіотиків знижувати рівень рН у кишківнику за рахунок підвищення концентрації летких жирних кислот (ЛЖК), що пригнічує розмноження патогенної мікрофлори та знижує смертність молодняку в період відлучення.

Встановлено значний вплив пробіотичних добавок на перетравність поживних речовин. Пробіотики підвищують активність основних травних ферментів: протеази, амілази та целюлази. Це дозволяє ефективніше розщеплювати білки, крохмаль та клітковину, підвищуючи коефіцієнти їхньої перетравності. Окремо відзначено роль грибів *Aspergillus awamori* у руйнуванні антипоживних факторів кормів, що покращує всмоктування ліпідів та протеїнів.

Включення до раціону *Saccharomyces cerevisiae* та *Bacillus subtilis* покращує об'єм еякуляту, концентрацію та рухливість сперматозоїдів, а також підвищує рівень тестостерону в сироватці крові. Розглянуто вплив пробіотиків на якісні характеристики м'яса та параметри туші. Хоча дані щодо забійного виходу залишаються суперечливими, зафіксовано позитивні зміни у мінеральному складі м'яса (збільшення вмісту заліза та фосфору) та його фізико-хімічних властивостей, що підвищує харчову цінність кролятини для споживача.

Ключові слова: кролівництво, пробіотики, мікробіота кишківнику, показники росту, перетравність, ферменти, репродуктивна функція, якість м'яса.

Umanets D. Effectiveness of Probiotic Supplementation in Rabbit Production

The article provides a comprehensive analysis of current scientific research on the use of probiotics in rabbit production. The relevance of this topic is driven by the specific nature of the rabbit digestive system, which is highly vulnerable to pathogenic influences, particularly during the weaning period. It has been established that probiotics – including bacteria of the genera *Lactobacillus*, *Bacillus*, and *Enterococcus*, as well as the yeast *Saccharomyces cerevisiae* and the



© Уманець Д.П., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

fungus Aspergillus awamori – serve as an effective alternative to antibiotic growth promoters, contributing to microbiome stabilization and the strengthening of the body's immune status.

Probiotics have been proven to stimulate growth performance in rabbits by improving intestinal histomorphology and activating the endocrine system. Specifically, a positive effect on the levels of thyroid-stimulating hormones and thyroid hormones (T3, T4) has been identified, which accelerates metabolism. The stimulation of serotonin production improves appetite and increases average daily feed intake, directly correlating with increased body weight and improved feed conversion ratio. Particular attention in this review is given to the mechanisms of intestinal microbiome formation. Probiotics provide a barrier effect through mucosal adhesion, competitive exclusion of pathogens (*E. coli*, *Clostridium perfringens*), and the synthesis of antimicrobial peptides. A crucial aspect is the ability of probiotics to lower the pH level in the intestine by increasing the concentration of volatile fatty acids (VFAs), which inhibits the proliferation of pathogenic microflora and reduces mortality in young rabbits during the weaning period.

A significant impact of probiotic supplements on nutrient digestibility has been established. Probiotics heighten the activity of key digestive enzymes: protease, amylase, and cellulase. This allows for more efficient breakdown of proteins, starch, and fiber, increasing their digestibility coefficients. The role of the fungus *Aspergillus awamori* in destroying antinutritional factors in feed is highlighted, which enhances the absorption of lipids and proteins.

The inclusion of *Saccharomyces cerevisiae* and *Bacillus subtilis* in the diet improves ejaculate volume, sperm concentration, and motility, while also increasing serum testosterone levels. The influence of probiotics on meat quality characteristics and carcass parameters is also reviewed. Although data regarding slaughter yield remain contradictory, positive changes have been recorded in the mineral composition of the meat (increased iron and phosphorus content) and its physicochemical properties, which enhances the nutritional value of rabbit meat for the consumer.

Key words: rabbit production, probiotics, gut microbiota, growth performance, digestibility, enzymes, reproductive function, meat quality.

Постановка проблеми. Багато країн приділяють значну увагу розвитку кролівництва, оскільки м'ясо кролів є одним із важливих джерел тваринного білка у світі [14]. У кролівництві етап відлучення та період після нього є найбільш критичними для підтримки росту та стійкості до розладів травлення [25], що пов'язано з особливою та специфічною травною системою кролів, яка після відлучення є дуже вразливою до кишкових розладів [46, 47]. Щоб запобігти розладам травлення виробники використовують раціони збагачені пробіотиками. Пробіотики – це живі мікроорганізми, які додають до раціону тварин для корегування мікробіоти кишківнику з метою зміцнення здоров'я та підвищення продуктивності [5, 6, 22]. До складу пробіотичних мікроорганізмів, які зазвичай додають до раціону кролів, входять: бактерії (*Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Bacillus*, *Bifidobacterium*, *Enterococcus faecium*); гриби (наприклад, *Aspergillus awamori*); дріжджі (наприклад, *Saccharomyces cerevisiae*).

Додавання пробіотиків позитивно впливає на показники росту та здоров'я кишківника [6, 17]. Також, пробіотики покращують антиоксидантні властивості [4] та імунну відповідь організму [7]. Ці покращення можуть бути пов'язані з: конкурентним витісненням патогенних мікроорганізмів [39], кращим засвоєнням основних поживних речовин [27], покращенням процесів травлення, всмоктування [13] та синтезом антимікробних молекул [22].

Протягом останніх десятиліть було опубліковано багато наукових досліджень щодо використання пробіотиків у кролівництві, метою огляду є пояснити нещодавні результати, пов'язані з застосування пробіотичних добавок на показники росту, перетравлення та всмоктування поживних речовин, активність ферментів, мікробіому кишківника та його структуру, репродуктивну здатність самців та якісні характеристики кролятини.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вплив пробіотиків на показники росту. Пробіотики стимулюють ріст шляхом зміни мікробіому кишківнику,

покращення його гістоморфології, активації імунної системи та стимулювання виділення багатьох травних ферментів [4, 6, 38]. У кролів у період росту добавки пробіотиків сприяли покращенню коефіцієнта конверсії корму та середньодобового споживання корму, це безпосередньо добре корелює із підвищенням приросту живої маси, що є показником покращення росту [3, 7, 10, 13, 28, 33, 35].

Крім того, Agram та ін. [36] встановили, що пробіотики в раціоні кролів позитивно впливають на тиреотропні гормони (TSH) та гормони щитоподібної залози (T3 і T4), які безпосередньо прискорюють обмін речовин, що призводить до збільшення темпів росту. Автори також підкреслили, що пробіотики позитивно впливають на концентрацію серотоніну, який бере участь у покращенні апетиту, що сприяє збільшенню споживання корму. Ці висновки узгоджуються з даними Elbaz та ін. [27], які зафіксували, що додавання *Saccharomyces cerevisiae* (5 г/кг корму) підвищувало рівні T3 та T4 у сироватці крові кролів породи новозеландська біла.

Додатково встановлено, що використання пробіотиків покращувало ферментацію в сліпій кишці та підвищувало концентрацію летких жирних кислот у кишечнику, які безпосередньо беруть участь у забезпеченні енергетичних потреб кролів [6, 35]. Разом з тим, інші дослідження вказують на те, що пробіотики не мали позитивного впливу на продуктивність кролів [18, 24, 43].

Добре відомо, що відлучення є критичним періодом для молодняку кролів через високий відсоток розладів травлення. Для зменшення випадків проблем із травленням (зокрема, епізоотичної ентеропатії кролів) та відповідно, зниження захворюваності й смертності у кролів на відгодівлі можна використовувати декілька нутриціологічних стратегій: використання кормових добавок та обмеження годівлі [1, 2, 45]. Цікаво, що застосування пробіотиків покращувало стан здоров'я і, як наслідок, знижувало рівень смертності у кролів [12, 31, 34]. Нещодавно Li et al. [29] довели, що включення до раціону *Enterococcus faecium* та *Ligilactobacillus animalis* (10^8 КУО/мл/кг/день) зменшило випадки бактеріальної діареї шляхом: посилення імунної функції (підвищення концентрації IgA, IgG та IgM у сироватці крові), відновлення гомеостазу мікробіоти кишківнику (збільшення чисельності *Ruminiclostridium*, *Adlercreutzia* та *Candidatus Saccharimonas* при одночасному зниженні чисельності *Shuttleworthia* та *Barnesiella*).

Таким чином, можна зробити висновок, що рання стабілізація мікробного балансу шлунково-кишкового тракту за допомогою додавання пробіотиків є успішною стратегією для мінімізації смертності в найбільш вразливий період росту кролів.

Вплив пробіотиків на формування кишкового мікробіому. Мікробіом кишківнику є життєво важливим компонентом слизового бар'єра кишківнику, який зміцнює здоров'я травної системи та захисні сили організму [25]. Кілька досліджень підтвердили, що додавання пробіотиків модифікує популяції мікроорганізмів, оскільки пробіотичні штами здатні заселяти кишківник кролів [17, 35, 39, 42].

Додаткове введення пробіотиків відповідає за пригнічення розвитку та розмноження патогенних бактерій, а також стимулює збільшення корисних бактерій, що відіграють центральну роль у травленні та розщепленні поживних речовин, синтезі вітамінів, утворенні летких жирних кислот, синтезі антимікробних пептидів [31]. Phuoc та Jamikorn [35] продемонстрували, що додавання до раціону *Lactobacillus acidophilus* (1×10^6 КУО/г корму) або суміші ($0,5 \times 10^6$ КУО/г *Bacillus subtilis* + $0,5 \times 10^7$ КУО/г *L. acidophilus*) збільшило кількість корисних бактерій у шлунково-кишковому тракті (лактобацил та бацил) і знизило кількість колиформних бактерій у кролів у період росту. Нещодавно Elbaz та ін. [27] помітили, що

введення в раціон *Saccharomyces cerevisiae* (5 г/кг корму) підвищило кількість *Lactobacillus* та мінімізувало кількість *E. coli* в сліпій кишці молодняку кролів породи новозеландська біла. Збільшення популяції лактобацил та зменшення кількості коліформ і анаеробних бактерій внаслідок застосування пробіотиків також було встановлено [26, 40, 42].

Wlazło та ін. [17] зазначили, що додавання ферментованого ріпакового шроту разом із *Bacillus subtilis* збільшило кількість молочнокислих бактерій і знизило чисельність коліформ та *E. coli* в тонкому кишечнику та ободовій кишці кролів гібридів новозеландська біла × попільнянська біла. Ці висновки узгоджуються з даними Helal та ін. [39], які показали, що додавання 0,1% комбінації *Saccharomyces cerevisiae* (1×10^8 КУО/г) та *Bacillus subtilis* (3×10^7 КУО/г) мінімізувало кількість патогенів (*E. coli* та *Clostridium perfringens*) і підвищило кількість *Lactobacillus* у кролів у період росту. Крім того, Pogány Simonová та ін. [22] показали, що додавання *Enterococcus faecium* ССМ7420 призвело до зростання кількості фекальних ентерококів і молочнокислих бактерій, а також до зниження вмісту фекальних коліформ, *Pseudomonas*-подібних видів, *Clostridium*-подібних видів та *Staphylococcus aureus* у кролів на відгодівлі.

Wang та ін. [6] відзначили, що додавання до раціону суміші трьох штамів *Bacillus* ($1,0 \times 10^5$ – $1,0 \times 10^7$ КУО/г) підвищило концентрацію *Lactobacillus spp.* та *Bacillus spp.*, а також збільшило чисельність *Ruminococcus flavefaciens* та *Fibrobacter succinogenes* при одночасному зниженні концентрації *E. coli* у вмісті сліпої кишки кролів породи рекс у період росту. В іншому дослідженні Liu та ін. [38] підтвердили, що введення до раціону *Clostridium butyricum* ($1,0 \times 10^4$ – $1,0 \times 10^5$ КУО/г) підвищило загальну чисельність бактерій, а також вміст *Ruminococcus albus*, *Ruminococcus flavefaciens*, *Firmicutes*, *Butyrivibrio fibrisolvens*, *Bacteroidetes*, груп *Clostridium* IV та XIVa, *Lactobacillus* та *Bifidobacterium* у дванадцятипалій, порожній, клубовій, сліпій та ободовій кишках кролів.

Згідно з роботою Guo та ін. [7], кролі, раціон яких був доповнений *Bacillus subtilis* ($1,0 \times 10^6$ КУО/г), продемонстрували вищу відносну чисельність *Ruminococcus* та зниження відсотка *Bacteroides* і *Clostridium* на рівні типу. Бактерії роду *Ruminococcus* беруть участь у перетравленні та засвоєнні клітковини у кролів. Отже, скорочення патогенної мікрофлори може бути зумовлене підвищенням концентрації летких жирних кислот (ЛЖК) у кишечнику, що призводить до зниження рівня рН, який пригнічує розвиток і розмноження патогенних бактерій [6, 22, 35].

Нещодавно Xia та ін. [8] спостерігали, що додавання термічно інактивованих *Lactobacillus acidophilus* (800 мг/кг) збільшило відносну чисельність *Phascolarctobacterium* та *Alistipes* у сліпій кишці кролів.

Були запропоновані додаткові пояснення бар'єрного ефекту: адгезія корисних бактерій до слизової оболонки може перешкоджати прикріпленню та колонізації шкідливих мікробів; корисні бактерії поглинають усі доступні ресурси, не даючи патогенам задовольнити свої потреби; генеруючи антимікробні сполуки, корисні бактерії здатні запобігати росту конкуруючих мікроорганізмів [15, 21].

Вплив пробіотиків на перетравність поживних речовин корму. Пробіотики можуть підвищувати фізіологічну ефективність травної системи за допомогою двох основних механізмів: синтезу травних ферментів та зміни морфології ворсинок кишечкового тракту. El-Deer та ін. [4] спостерігали, що введення в раціон *Aspergillus awamori* (100 або 150 мг/кг корму) підвищувало коефіцієнти перетравності білків, ліпідів та клітковини у кролів у період росту. Ці результати узгоджуються з даними кількох випробувань, у яких було відзначено, що кормові пробіотики покращували

коефіцієнти перетравності у кролів [10, 35, 38]. Bhatt та ін. [10] вказали, що додавання до раціону *Lactobacillus acidophilus* та *Lactococcus lactis* ($1,0 \times 10^7$ КУО/г) підвищило перетравність сухої речовини, органічної речовини, клітковини та сирого протеїну у молодняка кролів породи Шиншила. Нещодавно Elbaz та ін. [27] виявили, що введення в раціон *Saccharomyces cerevisiae* (5 г/кг корму) покращило перетравність усіх поживних речовин у кролів породи Новозеландська біла у період росту. Abdel-Wareth та ін. [13] спостерігали, що збагачення раціону молодняка кролів пробіотиками у дозі 450 мг/кг (*Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus plantarum*, *Bifidobacterium bifidum*, ферментаційний екстракт *Bacillus subtilis* та ферментаційний екстракт *Aspergillus niger*) посилює перетравність поживних речовин (сирого протеїну, сирого жиру, енергії та сирої клітковини). Таке підвищення коефіцієнтів перетравності може бути зумовлене збільшенням секреції травних ферментів, таких як целюлаза, ксиланаза та протеаза [7, 35].

Wang et al. [6] підтвердили, що додавання до раціону суміші трьох штамів *Bacillus* ($1,0 \times 10^5$ – $1,0 \times 10^7$ КУО/г) підвищило активність протеази та амілази у дванадцятипалій та клубовій кишках, активність протеази в порожній кишці, а також активність целюлази в сліпій кишці кролів породи Рекс у період росту. Нещодавно Xia та ін. [8] спостерігали, що додавання термічно інактивованих *Lactobacillus acidophilus* (800 мг/кг) посилює активність трипсину та фібринази і, як наслідок, покращило видиму перетравність сирого протеїну та сирої клітковини у молодняка кролів. Ці результати свідчать про те, що пробіотики покращують функції перетравлення білків, крохмалю та целюлози.

Крім того, *Aspergillus awamori* може посилювати вивільнення амілаз, целюлаз, ксиланаз та протеаз, а також руйнувати антитрипсин та антипоживні фактори, що містяться в соєвому шроті, і, як наслідок, покращувати всмоктування білків та ліпідів у кишковому тракті [32]. Більше того, численні дослідження довели, що додавання пробіотиків покращує ферментацію в сліпій кишці та підвищує концентрацію летких жирних кислот (ЛЖК) у кишечнику, що призводить до зниження рН і, відповідно, покращує перетравність поживних речовин у кролів [22, 35]. Також Wang та ін. [6] показали, що додавання штамів *Bacillus* підвищило концентрацію ЛЖК (оцтової, пропіонової та масляної кислот) у вмісті сліпої кишки кролів у період росту. Подібним чином, додавання *E. faecium* CCM7420 призвело до збільшення концентрації оцтової кислоти у фекаліях порівняно з контрольною групою тварин [23]. З іншого боку, підвищення концентрації ЛЖК знижує рН у кишковому тракті, що може сприяти блокуванню розвитку та розмноженню патогенних бактерій у кролів, ведучи до покращення перетравлення та всмоктування поживних речовин, а також зміцнення імунітету кишківника [19].

Вплив пробіотиків на репродуктивну функцію. Опубліковані дослідження продемонстрували, що додавання пробіотиків до раціону покращує якісні характеристики сперми та репродуктивну здатність самців [24, 41]. Besseboua та Ayad [9] показали, що застосування *Saccharomyces cerevisiae* (0,3 та 0,6 г/добу на голову) покращило показники якості сперми, включаючи середній об'єм еякуляту, масову та індивідуальну рухливість сперматозоїдів у кролів-плідників. Крім того, Emmanuel та ін. [24] спостерігали, що додавання *Saccharomyces cerevisiae* (0,12 г/кг) покращило характеристики сперми в придатках яєчок (концентрацію, рухливість та відсоток живих сперматозоїдів), а також морфометричні ознаки яєчок (діаметр каналців, об'єм придатка, об'ємну частку протоки та загальний об'єм протоки), хоча при цьому спостерігалася зменшення об'єму самих яєчок у дорослих самців породи новозеландська біла. Helal та ін. [41] зазначили, що дієтична комбінація 0,1% *Bacillus*

subtilis + 0,1% живих *Saccharomyces cerevisiae* покращила фізичні характеристики сперми (збільшення об'єму, концентрації, прогресивної рухливості сперматозоїдів та зменшення кількості аномальних і мертвих клітин), концентрацію тестостерону в сироватці крові, початкову концентрацію фруктози в плазмі сперми та час реакції (лібідо) у самців породи новозеландська біла. Більш того, Attia та ін. [44] показали, що додавання пробіотиків (1000 ppm *Lactobacillus acidophilus* та *Saccharomyces cerevisiae*) нівелювало негативний вплив нітратів та покращило якісні показники сперми. Важливо зазначити, що вплив пробіотиків на репродуктивну функцію все ще потребує подальших досліджень, особливо у самок.

Вплив пробіотиків на тушу та якісні характеристики м'яса. Результати досліджень щодо впливу пробіотиків на параметри туші та забійний вихід, які пов'язані з кінцевою живою масою тіла часто є суперечливими. Численні дослідження свідчать, що додавання пробіотиків покращує показники туші та їстівних частин у кролів у період росту [11, 18, 20]. Mohamed et al. [20] повідомили, що введення пробіотиків у раціон збільшило масу туші, вихід туші у %, масу серця, печінки, нирок, легень та субпродуктів у кролів. З іншого боку, подальші дослідження вказують на те, що пробіотики не мали значного впливу на показники туші молодняка кролів [10, 13, 16, 30, 34].

Фізико-хімічні характеристики м'яса мають вирішальне значення для його привабливості для споживачів, а також для можливостей його переробки та зберігання. Дані свідчать, що вплив пробіотиків на хімічний склад м'яса та фізичні характеристики якості є неоднозначним. Деякі дослідження показали, що застосування пробіотиків не мало значного впливу на загальний склад (вміст білка, жиру, золи, води та енергетичну цінність), показник рН через 48 годин, колір та вологоутримуючу здатність м'яса кролів [10, 22, 30]. Навпаки, дослідження Fathi та ін. [18] продемонстрували значний вплив пробіотичних добавок у раціоні на вміст вологи, сухої речовини, органічної речовини та золи в м'ясі кролів. Крім того, Rogány Simonová та ін. [37] зазначили, що пробіотики в раціоні підвищували концентрацію фосфору та заліза і знижували концентрацію кальцію та міді в м'ясі. Abdel-Wareth та ін. [13] виявили зниження вологоутримуючої здатності та втрат при термічній обробці у м'ясі кролів, які отримували суміш насіння пажитника та пробіотиків.

Висновки. Використання пробіотиків у кролівництві є стратегічно важливим інструментом для подолання критичного періоду відлучення, коли молодняк найбільш вразливий до розладів травлення. Введення до раціону штамів *Lactobacillus*, *Bacillus*, *Enterococcus* та дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* дозволяє стабілізувати мікробний баланс кишківника через механізм конкурентного витіснення патогенів, таких як *E. coli* та *Clostridium*. Це досягається завдяки адгезії корисних бактерій до слизової оболонки, синтезу антимікробних пептидів та зниженню рівня рН у кишечнику внаслідок підвищення концентрації летких жирних кислот. Крім захисної функції, пробіотики активують імунну відповідь, підвищуючи рівні імуноглобулінів IgA, IgG та IgM у сироватці крові. Пробіотики суттєво покращують показники росту та конверсію корму за рахунок стимуляції ендокринної системи та оптимізації процесів травлення. Зокрема, спостерігається підвищення рівнів гормонів щитоподібної залози (Т3, Т4) та серотоніну, що прискорює метаболізм і покращує апетит тварин. Паралельно з цим, пробіотичні добавки посилюють секрецію ключових ферментів – протеази, амілази та целюлази, а також покращують морфологію ворсинок кишківнику. Це забезпечує вищу перетравність сухої речовини, сирого протеїну та клітковини, що дозволяє кролям максимально ефективно засвоювати поживні речовини корму.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. A comparative study on the effect of quantitative feed restriction in males and females of broiler chickens, rabbits and nutrias. I. Performance and carcass composition / E. Tůmová et al. *Czech J. Anim. Sci.* 2022. Vol. 67. P. 47–54.
2. A comparative study on the effect of quantitative feed restriction in males and females of broiler chickens, rabbits and nutrias. II. Meat quality / E. Tůmová et al. *Czech J. Anim. Sci.* 2022. Vol. 67. P. 55–64.
3. Antioxidant properties of probiotic bacteria / Y. Wang et al. *Nutrients*. 2017. Vol. 9. Art. 521.
4. *Aspergillus awamori* positively impacts the growth performance, nutrient digestibility, antioxidative activity and immune responses of growing rabbits / M. H. El-Deep et al. *Vet. Med. Sci.* 2021. Vol. 7. P. 226–235.
5. Assessment of in ovo administration of *Bifidobacterium bifidum* and *Bifidobacterium longum* on performance, ileal histomorphometry, blood hematological, and biochemical parameters of broilers / E. A. Abd El-Moneim et al. *Probiotics Antimicrob. Proteins*. 2020. Vol. 12. P. 439–450.
6. *Bacillus* strains improve growth performance via enhancing digestive function and anti-disease ability in young and weaning rex rabbits / J. Wang et al. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2020. Vol. 104. P. 4493–4504.
7. *Bacillus subtilis* improves immunity and disease resistance in rabbits / M. J. Guo et al. *Front. Immunol.* 2017. Vol. 8. Art. 354.
8. Benefits of heat-killed *Lactobacillus acidophilus* on growth performance, nutrient digestibility, antioxidant status, immunity, and cecal microbiota of rabbits / M. Xia et al. *Front. Vet. Sci.* 2024. Vol. 11. Art. 1361908.
9. Besseboua O., Ayad A. Effect of *Saccharomyces cerevisiae* feed supplementation on haematology and reproductive parameters for Algerian rabbits. *J. Appl. Life Sci. Environ.* 2021. Vol. 2. P. 111–122.
10. Bhatt R. S., Agrawal A. R., Sahoo A. Effect of probiotic supplementation on growth performance, nutrient utilization and carcass characteristics of growing Chinchilla rabbits. *J. Appl. Anim. Res.* 2017. Vol. 45. P. 304–309.
11. Brzozowski M., Strzemecki P. Estimation the effectiveness of probiotics as a factor influencing the results of fattening rabbits. *Ann. Warsaw Univ. Life Sci.* 2013. Vol. 52. P. 7–11.
12. Combined administration of bacteriocin-producing, probiotic strain *Enterococcus faecium* CCM7420 with *Eleutherococcus senticosus* and their effect in rabbits / M. Pogány Simonová et al. *Pol. J. Vet. Sci.* 2013. Vol. 8. P. 730–734.
13. Combined effects of fenugreek seeds and probiotics on growth performance, nutrient digestibility, carcass criteria, and serum hormones in growing rabbits / A. A. A. Abdel-Wareth et al. *Livest. Sci.* 2021. Vol. 251. Art. 104616.
14. Dietary inclusion of white lupin seeds and their byproducts in rabbits can contribute to EU agricultural sustainability: a review / P. Šufliarsky et al. *World Rabbit Sci.* 2024. Vol. 32. P. 145–160.
15. Ebeid T. A., Al-Homidan I. H., Fathi M. M. Physiological and immunological benefits of probiotics and their impacts in poultry productivity. *World's Poult. Sci. J.* 2021. Vol. 77. P. 883–899.
16. Effect of early dietary supplementation of probiotic and feed restriction post weaning on productive and economical performance of growing rabbits / M. Beshara et al. *Egypt. J. Rabbit Sci.* 2018. Vol. 28. P. 195–222.
17. Effect of fermented rapeseed meal on the gastrointestinal microbiota and immune status of rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) / Ł. Wlazo et al. *Animals*. 2021. Vol. 11. Art. 716.
18. Effect of probiotic supplementation and genotype on growth performance, carcass traits, hematological parameters and immunity of growing rabbits under hot environmental conditions / M. Fathi et al. *Anim. Sci. J.* 2017. Vol. 88. P. 1644–1650.

19. Effect of rabbit-origin enterocin-producing strain *Enterococcus faecium* CCM7420 application on growth performance and gut morphometry in rabbits / M. Pogány Simonová et al. *Czech J. Anim. Sci.* 2015. Vol. 60. P. 509–512.
20. Effects of breed, probiotic and their interaction on growth performance, carcass traits and blood profile of growing rabbits / A. F. Mohamed et al. *Zagazig J. Agric. Res.* 2017. Vol. 44. P. 215–227.
21. Engineering the rabbit digestive ecosystem to improve digestive health and efficacy / S. Combes et al. *Animals*. 2013. Vol. 7. P. 1429–1439.
22. Enterocin M and sage supplementation in post-weaning rabbits: Effects on growth performance, caecal microbiota, fermentation and enzymatic activity / M. Pogány Simonová et al. *Probiotics Antimicrob. Proteins*. 2020. Vol. 12. P. 732–739.
23. *Enterococcus faecium* CCM7420, bacteriocin PPB CCM7420 and their effect in the digestive tract of rabbits / M. Pogány Simonová et al. *Czech J. Anim. Sci.* 2009. Vol. 54. P. 376–386.
24. Epididymal sperm characteristics, testicular morphometric traits and growth parameters of rabbit bucks fed dietary *Saccharomyces cerevisiae* and/or zinc oxide / D. Emmanuel et al. *Braz. J. Poult. Sci.* 2019. Vol. 21. Art. e19053.
25. Fortun-Lamothe L. S., Boullier S. A review on the interactions between gut microflora and digestive mucosal immunity. Possible ways to improve the health of rabbits. *Livest. Sci.* 2007. Vol. 107. P. 1–18.
26. Growth performance, apparent nutrient digestibility, caecal fermentation, ileal morphology and caecal microflora of growing rabbits fed diets containing probiotics and prebiotics / A. O. Oso et al. *Livest. Sci.* 2013. Vol. 157. P. 184–190.
27. Growth performance, digestive function, thyroid activity, and immunity of growing rabbits fed olive cake with or without *Saccharomyces cerevisiae* or citric acid / A. M. Elbaz et al. *Trop. Anim. Health Prod.* 2023. Vol. 55. Art. 376.
28. Influence of three probiotics strains, *Lactobacillus rhamnosus* GG, *Bifidobacterium animalis* subsp. *Lactis* BB-12 and *Saccharomyces boulardii* CNCM I-745 on the biochemical and haematological profiles and body weight of healthy rabbits / L. Kadja et al. *Biology (Basel)*. 2021. Vol. 10. Art. 1194.
29. Lactic acid bacteria reduce bacterial diarrhea in rabbits via enhancing immune function and restoring intestinal microbiota homeostasis / H. Li et al. *BMC Vet. Res.* 2024. Vol. 20. P. 1–12.
30. Live yeast (*Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii*) supplementation in fattening rabbit diet: effect on productive performance and meat quality / L. Rotolo et al. *Livest. Sci.* 2014. Vol. 162. P. 178–184.
31. Mancini S., Paci G. Probiotics in rabbit farming: growth performance, health status, and meat quality. *Animals*. 2021. Vol. 11. Art. 3388.
32. Multivariate optimization and supplementation strategies for the simultaneous production of amylases, cellulases, xylanases, and proteases by *Aspergillus awamori* under solid-state fermentation conditions / A. M. de Castro et al. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 2015. Vol. 175. P. 1588–1602.
33. Nwachukwu C. U., Aliyu K. I., Ewuola E. O. Growth indices, intestinal histomorphology, and blood profile of rabbits fed probiotics- and prebiotics-supplemented diets. *Transl. Anim. Sci.* 2021. Vol. 30. Art. 096.
34. Organic selenium, probiotics, and prebiotics effects on growth, blood biochemistry, and carcass traits of growing rabbits during summer and winter seasons / M. S. Ayyat et al. *Biol. Trace Elem. Res.* 2018. Vol. 186. P. 162–173.
35. Phuoc T. L., Jamikorn U. Effects of probiotic supplement (*Bacillus subtilis* and *Lactobacillus acidophilus*) on feed efficiency, growth performance, and microbial population of weaning rabbits. *Asian-Australas J. Anim. Sci.* 2017. Vol. 30. P. 198–205.
36. Physiological and biochemical response of probiotics and phytogenic inclusion as growth promoters on growing male rabbits / H. M. Arram et al. *Ann. Agric. Sci., Moshtohor*. 2018. Vol. 56. P. 987–996.

37. Pogány Simonová M., Chrastinová L., Lauková A. Dietary supplementation of a bacteriocinogenic and probiotic strain of *Enterococcus faecium* CCM7420 and its effect on the mineral content and quality of *Musculus longissimus dorsi* in rabbits. *Anim. Prod. Sci.* 2016. Vol. 56. P. 2140–2145.
38. Probiotic *Clostridium butyricum* improves the growth performance, immune function, and gut microbiota of weaning Rex rabbits / L. Liu et al. *Probiotics Antimicrob. Proteins.* 2019. Vol. 11. P. 1278–1292.
39. Probiotics role of *Saccharomyces cerevisiae* and *Bacillus subtilis* in improving the health status of rabbits' gastrointestinal tract / F. Helal et al. *Bull. Natl. Res. Cent.* 2021. Vol. 45. Art. 66.
40. Rabbit growth, carcass characteristic, digestion, caecal fermentation, microflora, and some blood biochemical components affected by oral administration of anaerobic probiotic (ZAD®) / A. Abdel-Azeem et al. *Egypt. J. Nutr. Feed.* 2018. Vol. 2. P. 1693–1710.
41. Semen quality parameters of adult male NZW rabbits fed diets added with two different types of probiotics / F. Helal et al. *Egypt. J. Nutr. Feeds.* 2018. Vol. 21. P. 125–132.
42. Shen X. M., Cui H. X., Xu X. R. Orally administered *Lactobacillus casei* exhibited several probiotic properties in artificially suckling rabbits. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.* 2020. Vol. 33. P. 1352–1359.
43. Tag El Din N. Effect of dry live yeast inclusion in fattening rabbit diets on productive performance and digestibility of nutrients. *Egypt. J. Rabbit Sci.* 2019. Vol. 29. P. 219–233.
44. The detoxication of nitrate by two antioxidants or a probiotic, and the effects on blood and seminal plasma profiles and reproductive function of New Zealand White rabbit bucks / Y. A. Attia et al. *Animal.* 2013. Vol. 7. P. 591–601.
45. The effect of 1-week feed restriction on performance, digestibility of nutrients and digestive system development in the growing rabbit / E. Tůmová et al. *Animal.* 2016. Vol. 10. P. 1–9.
46. The potential role of feed restriction on productivity, carcass composition, meat quality, and muscle fibre properties of growing rabbits: A review / T. A. Ebeid et al. *Meat Sci.* 2022. Vol. 191. Art. 108845.
47. Volek Z., Ebeid T. A., Uhlířová L. The impact of substituting soybean meal and sunflower meal with a mixture of white lupine seeds and rapeseed meal on rabbit doe milk yield and composition, and the growth performance and carcass traits of their litters. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2018. Vol. 236. P. 187–195.

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 636.92.087.7:615.32

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.3.32>

ВПЛИВ НУТРАЦЕВТИКІВ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ І ЗДОРОВ'Я КРОЛІВ

Уманець Р.М. – к.с.-г.н.,

доцент кафедри технологій у тваринництві,

Національний університет біоресурсів і природокористування України

orcid.org/0000-0003-1483-2775

В умовах активної гармонізації українського законодавства з нормами Європейського Союзу, зокрема в межах імплементації Регламенту (ЄС) № 1831/2003, використання субтерапевтичних антибіотиків у тваринництві підлягає суворому обмеженню. Ця стратегія зумовлена глобальними викликами, пов'язаними з ризиком виникнення мультирезистентності бактерій та їхнім доведеним негативним впливом на здоров'я людини через накопичення залишків хімічних сполук у продуктах тваринництва. Хоча в галузі промислового кролівництва антибіотики як стимулятори росту застосовуються менш інтенсивно порівняно з птахівництвом чи свинарством, пошук безпечних та екологічно чистих рішень залишається критичним пріоритетом для українських фермерів, які прагнуть підвищити конкурентоспроможність своєї продукції на внутрішньому та зовнішніх ринках. Даний науковий огляд присвячений детальному аналізу та систематизації даних щодо використання новітніх нутрацевтичних добавок – фітобіотиків, пробіотиків та пребіотиків – як високоефективних інструментів для покращення біологічних показників кролів різних статевих-вікових груп. Доведено, що ці природні компоненти мають виражену здатність стимулювати нативну мікробіоту шлунково-кишкового тракту, забезпечуючи стан стабільного мікробного еубіозу. Це безпосередньо корелює з покращенням показників здоров'я кишкового тракту, зокрема через збільшення висоти та ширини ворсинок слизової оболонки, що суттєво посилює абсорбційну поверхню та засвоєність поживних речовин корму. Впровадження таких інноваційних кормових стратегій дозволяє вітчизняним виробникам не лише мінімізувати економічні втрати від шлунково-кишкових захворювань та діареї, а й значно покращити якісні характеристики дієтичного кролячого м'яса, зменшуючи вміст холестерину у ньому та підвищуючи його антиоксидантну здатність. Таким чином, використання нутрацевтиків є ключовим чинником сталого розвитку українського кролівництва, що відповідає сучасним вимогам споживачів щодо екологічності, безпеки та високої біологічної цінності продуктів харчування.

Ключові слова: кролівництво, фітобіотики, пробіотики, пребіотики, здоров'я кишечника, альтернатива антибіотикам.

Umanets R. Impact of Nutraceuticals on Rabbit Performance and Health Status

In the context of the active harmonization of Ukrainian legislation with European Union standards, particularly within the implementation of Regulation (EC) No. 1831/2003, the use of subtherapeutic antibiotics in animal husbandry is subject to strict limitations. This strategy is driven by global challenges associated with the risk of antimicrobial resistance and its proven negative impact on human health due to the accumulation of chemical residues in livestock products. Although antibiotics as growth promoters are used less intensively in the industrial rabbit production sector compared to poultry or pig farming, the search for safe and environmentally friendly solutions remains a critical priority for Ukrainian farmers seeking to enhance the competitiveness of their products in both domestic and international markets.

This scientific review is dedicated to a detailed analysis and systematization of data regarding the use of modern nutraceutical additives – phytobiotics, probiotics, and prebiotics – as highly effective tools for improving the biological parameters of rabbits across various age and sex groups. It has been proven that these natural components possess a distinct ability to stimulate



© Уманець Д.П., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

native gastrointestinal microbiota, ensuring a state of stable microbial eubiosis. This directly correlates with improved intestinal health indicators, specifically through increased height and width of the mucosal villi, which significantly enhances the absorption surface area and nutrient digestibility of the feed.

The implementation of such innovative feeding strategies allows domestic producers not only to minimize economic losses from gastrointestinal diseases and diarrhea but also to significantly improve the quality characteristics of dietary rabbit meat by reducing its cholesterol content and increasing its antioxidant capacity. Thus, the use of nutraceuticals is a key factor in the sustainable development of Ukrainian rabbit farming, meeting modern consumer demands for environmental safety, security, and high biological value of food products.

Key words: rabbit production, phytobiotics, probiotics, prebiotics, intestinal health, antibiotic alternatives.

Постановка проблеми. На сучасному етапі розвитку аграрного сектору України спостерігається стабільний попит на м'ясо кролів, що зумовлено його високою біологічною цінністю: значним вмістом незамінних амінокислот при низьких показниках холестерину, насичених жирів та пуринів. Разом з тим, перехід до інтенсивних технологій вирощування на вітчизняних фермах часто супроводжується технологічним стресом у тварин, що призводить до дисбіозу, імуносупресії та зниження продуктивності. Через ці виклики українські підприємства змушені шукати альтернативи антибіотиковим стимуляторам росту, інтегруючи природні зоотехнічні добавки в раціон на критичних етапах вирощування, особливо під час відлучення молодняка.

Промислове кролівництво характеризується високою інтенсивністю виробництва, що спричиняє зміни кишкової мікробіоти, мікробний дисбактеріоз, порушення травлення, імуносупресію та зниження продуктивності кролів. Через ці проблеми багато виробників та підприємств використовують антибіотичні стимулятори росту (АСР) в раціоні або питній воді, в критичні періоди, або протягом всього використання тварин [18].

Відомо, що Європейський Союз та інші країни заборонили використання АСР [55]. Однак в багатьох підприємствах світу АСР постійно використовуються у годівлі тварин, навіть якщо їхнє невибіркове використання сприяє антимікробній резистентності патогенних штамів та викликає зміни в екологічному балансі кишкової мікробіоти, що впливає на виникнення шлунково-кишкових розладів [26]. Крім того, вони можуть залишати сліди хімічних залишків у продуктах тваринного походження, що безпосередньо впливає на здоров'я людини [54]. Хоча субтерапевтичні антибіотики були досліджені та використовувалися більше у годівлі птиці та свиней, ніж у кролів, деякими дослідженнями рекомендовано пероральне застосування бацитрацину Zn для контролю популяції ентеробактерій та пом'якшення їх наслідків на здоров'я кролів [27].

Нутрацевтичні добавки – це біоактивні компоненти, присутні в натуральних продуктах, які мають корисний вплив на здоров'я людей і тварин [13]. У цьому сенсі нутрицевтики можуть запобігати або лікувати одне або декілька захворювань та покращувати фізіологічні показники тварини [40]. Численні дослідження показують, що лікарські рослини, пробіотики та пребіотики, як найбільш вивчені нутрицевтики, є надійними альтернативами для заміни безконтрольного використання АСР у тваринництві [27]. Наукові дослідження альтернатив профілактичним антибіотикам зосереджені на оцінці різних біологічних показників, з акцентом на ріст, розмноження, здоров'я кишківника та можливі антимікробні, протизапальні та антиоксидантні ефекти [15]. Крім того, кормові компоненти мають прямий вплив на рН сліпої кишки та цілісність кишківника, а також мікробіологію,

впливаючи на генетичну експресію тварини [53]. Сьогодні з'являються нові натуральні добавки з різноманітними біологічними властивостями, які демонструють свій корисний вплив *in vivo* на організм кролів. Метою цього огляду було отримання оновленої інформації про вплив нутрацевтиків (головним чином фітобіотиків, пробіотиків та пребіотиків) на основні показники продуктивності та здоров'я різних статевих-вікових груп кролів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Фітобіотики характеризуються вмістом вторинних метаболітів, що синтезуються рослинами для виконання другорядних (нежиттєво важливих) функцій. Ці сполуки беруть участь в екологічних взаємодіях між рослинами та навколишнім середовищем. Вони також відрізняються від первинних метаболітів тим, що кожен із них має обмежене поширення в рослинному світі – іноді вони зустрічаються лише в одному конкретному виді або групі рослин [22]. Найпоширенішими вторинними метаболітами є алкалоїди, небілкові амінокислоти, стероїди, феноли, флавоноїди, глікозиди, кумарини, хінони, таніни та терпеноїди, які мають захисні функції проти комах, бактерій, грибків та інших. Найвищі концентрації цих хімічних сполук знаходяться в суцвіттях, листі та насінні [8].

Деякі фітохімічні речовини, що використовуються в невеликих концентраціях, мають бактеріостатичну, бактерицидну дію або пригнічують адгезію патогенних бактерій до слизової оболонки кишківника та сечовивідних шляхів. Вони також мають антиоксидантну дію, зменшуючи кількість вільних реактивних форм кисню (РФК), що виробляються в організмі, як частина нормального клітинного метаболізму, а також протизапальну та імунну дію за наявності патогенних мікроорганізмів або запальних процесів [14].

Багато фітобіотиків використовувалися для покращення біологічних індикаторів у кролів та зменшення використання субтерапевтичних антибіотиків. Недавні дослідження показали, що включення до раціону 0,6, 0,12 та 0,18% ефірної олії чебрецю (*Thymus spp.*) покращило продуктивність, якість сперми та концентрацію тестостерону в сироватці крові. Також це сприяло зниженню рівнів аспаратамінотрансферази, аланінамінотрансферази, сечовини та креатиніну порівняно з раціоном без добавок та раціоном з використанням окситетрацикліну. Автори обґрунтували ці результати протизапальною, антиоксидантною та антимікробною активністю цього натурального продукту [5].

Ayala та ін. [10] повідомляли, що карвакрол є основним вторинним метаболітом орегано (*Origanum vulgare*) та що включення 1% цього лікарського засобу, висушеного при 60 °C, покращує життєздатність, споживання корму, приріст живої маси та коефіцієнт конверсії корму. В іншому дослідженні Ayala та ін. [9] зазначається, що включення до раціону 1% двох видів шавлії (*S. lavandulifolia* та *S. officinalis*), висушених при 60 °C, сприяє збільшенню маси тіла, приросту живої маси та життєздатності (особливо *S. lavandulifolia*) завдяки високій концентрації камфори та α -туену в цих лікарських рослинах.

Johnson та ін. [32] підтвердили, що включення 1% часнику (*Allium sativum*) та імбиру (*Zingiber officinale*) до раціону збільшує продуктивність та вихід м'яса відгодівельного молодняка кролів. Також, Liu та ін. [39] повідомляли, що 3% китайського полину (*Artemisia argyi*) у раціоні зменшували діарейний синдром у відлучених кроленят, і автори пов'язували цей ефект зі збільшенням вмісту імуноглобуліну А та генетичною експресією зв'язуючих білків. Однак Olorunsogbon та ін. [47] стверджували, що використання водного екстракту імбиру (*Zingiber officinale*) та плодів мигдалю (*Terminalia catappa*) у питній воді не змінювало гематологічні параметри та біохімію крові відлучених кроленят.

Інші автори повідомляли, що водний екстракт чорного кмину (*Nigella sativa*) зменшував ріст золотистого стафілокока (*Staphylococcus aureus*) у тестах *in vitro* та *in vivo*. Використання 0,125, 0,25 та 0,50% цього натурального продукту призвело до підвищення рівня травних ферментів та генетичної експресії сполучних білків, таких як оклюдин, клаудин-1 (CLDN-1), адгезивна молекула щільних контактів-2 (JAM-2) та секреторний глікопротеїн муцин-2 (MUC2), що викликало природний ефект стимулювання росту та зменшило несприятливі наслідки інфікування золотистим стафілококом (*Staphylococcus aureus*) [21]. Крім того, включення до раціону 0,15 та 0,25% кориці (*Cinnamomum verum*) та гвоздики (*Syzygium aromaticum*) збільшило масу тіла, середньодобовий приріст, якість м'яса та концентрацію загального білка, альбуміну та глобуліну в сироватці крові та знизило концентрацію глюкози, холестерину, тригліцеридів, аспартатамінотрансферази та аланін-амінотрансферази [3]. Крім того, Ingweye та ін. [29] виявили, що включення до 1% порошку стручків айдану (*Tetrapleura tetraptera*) до раціонів без використання антибіотикових стимуляторів росту покращило показники кролів після відлучення. Проте, вищий рівень вмісту цього натурального продукту призвів до збільшення виходу абдомінального (черевного) жиру у цих тварин.

Dalle-Zotte та ін. [16] зазначили, що лікарські рослини, такі як фенхель (*Foeniculum vulgare*), люпин (*Lupinus albus* L.), пажитник (*Trigonella foenum-graecum* L.) та хартум (*Cassia senna* L.), багаті на жиророзчинні вторинні метаболіти (ефірні олії), які у водно-спиртовому екстракті, мають антимікробну дію *in vivo* на *Clostridium coccoides* та *Clostridium leptum* у кролів. Також вони виявляють протизапальну, імуномодулюючу та антиоксидантну дію, що позитивно впливає на антиоксидантну здатність м'яса та м'ясних продуктів. Аналогічно, використання 0,17 та 0,34% дайдзеїну (екстракт соєвих бобів, містить ізофлавонони) у раціоні племінних тварин покращило фертильність та збільшило живу масу кроленят при народженні та відлученні. Цитовані автори виявили прямий зв'язок між біоактивною сполукою (ізофлавонами) та протизапальною, антиоксидантною та імунною реакцією у племінних тварин та їхнього потомства [57, 58]. Корисний вплив лікарських рослин, які вважаються фітобіотиками, залежатиме від типу, концентрації та включення вторинних метаболітів у раціони, а також від віку, сировини, продуктивного призначення та стану здоров'я кроликів.

Пробіотики – це зоотехнічні добавки, що складаються з живих мікроорганізмів, які можуть колонізувати та модифікувати кишкову мікрофлору або провокувати мікробний еубіоз та виробляти ферменти, що сприяють збалансованому функціонуванню організму тварин [41]. Вони позитивно впливають на фізіологічні показники [23], хоча це залежатиме від типу мікробного штаму, концентрації та рівня включення пробіотика, віку та стану здоров'я тварини.

За даними Florido та ін. [24], ці натуральні продукти захищають від фізіологічного стресу, модулюють кишкову мікробіоту та епітеліальний бар'єр у кишківнику, а також стимулюють антиоксидантну здатність та імунну систему. Однак існують різні наукові протиріччя щодо корисного ефекту деяких бактеріальних штамів, що підтверджується дослідженнями з непереконливими гіпотезами, різними ефектами залежно від виду тварин та продуктивних категорій, а також низькою стійкістю до гранулювання кормів і хлорування питної води. Найбільш вживаними пробіотиками є *Pediococcus pentosaceus*, *Lactobacillus casei*, *Enterococcus faecalis*, *Lactobacillus helveticus*, *Lactobacillus lactis*, *Lactobacillus salivarius*, *Lactobacillus plantarum*, *Enterococcus faecium* та *Lactobacillus acidophilus* [36].

Інші корисні бактерії роду *Bacillus*, які є грампозитивними спороутворюючими бактеріями *Firmicutes*, які не колонізують шлунково-кишковий тракт, часто

використовуються як пробіотики у тваринництві [38]. Найбільш вживаними штамми є *B. cereus*, *B. subtilis*, *B. coagulans*, *B. polyfermenticus*, *B. licheniformis*, *B. pumilus* та *B. clausii*. Ці пробіотики виробляють ферменти та вітаміни, а також мають антиоксидантні та мікробні властивості [24]. Деякі живі дріжджі, такі як *Saccharomyces boulardii* та *Saccharomyces cerevisiae*, можуть викликати мікробний еубіоз та покращувати здоров'я кишківника, а також виробляти вітаміни та ферменти [25].

Suárez-Machín та ін. [52] повідомляли, що пробіотична суміш (*Bacillus subtilis* B/23-45-10 Nato, *Lactobacillus bulgaricum* B/103-4-1 та *Saccharomyces cerevisiae* L-25-7-12) покращує здоров'я кишківника кролів, збільшуючи кількість корисних бактерій у шлунково-кишковому тракті та вироблення летких жирних кислот, що призводило до значного зниження рН у тонкій та сліпій кишках, а отже, вищу ефективність годівлі цих тварин. Також, Abd El-Hamid та ін. [2] повідомили, що суміш кількох бактеріальних штамів підвищила продуктивність, засвоєваність, генетичну експресію зв'язуючих білків та життєздатність кролів, інфікованих *Listeria monocytogenes*. Авторі дійшли висновку, що ці пробіотичні бактерії мають ад'ювантну та імунну дію. Подібним чином, пероральне введення *Aspergillus awamori* покращило стан здоров'я кролів після відлучення, інтоксикованих охратоксином, спричинивши збільшення висоти та ширини кишкових ворсинок і забезпечивши вищий захист від ураження печінки, що позитивно вплинуло на продуктивну ефективність цих тварин [20]. Використання молочнокислих бактерій та живих дріжджів також може знизити концентрацію шкідливих ліпідів у сироватці крові та позитивно впливати на імунну систему, покращувати антиоксидантну здатність кролятини [7].

Abdel-Wareth та ін. [4], використовуючи суміш пробіотиків та фітобіотиків до 0,3% у раціоні, виявили покращення засвоєваності сирого протеїну, сирого жиру та сирої клітковини. Результати досліджу показали підвищення концентрації тестостерону та естрогенів у самців та самок кролів, що призвело до кращої продуктивності та вищого виходу туші у цих тварин. Díaz-Fuente та ін. [17] зазначили, що використання пробіотичного біопродукту на основі ефективних мікроорганізмів (ЕМ) у дозах 10 та 15 мл на літр питної води протягом 70 днів збільшило масу тіла та середньодобовий приріст живої маси відповідно на 6,98 та 4,34% порівняно з контрольною групою.

Nwachukwu та ін. [46] виявили, що суміш з пробіотика (*Lactobacillus acidophilus*) та пребіотика (суміш фруктоолігосахаридів) сприяла росту, перетравності поживних речовин, збільшенню висоти ворсинок, всмоктуванню нутрієнтів та виробленню імуноглобулінів у кролів у період росту.

В іншому дослідженні рекомендувалося пероральне введення суміші *Lactobacillus rhamnosus* GG, *Bifidobacterium animalis* subsp. Lactis BB-12 та *Saccharomyces boulardii* CNCM I-745 для покращення продуктивності, концентрації електролітів та імуноглобулінів і зниження шкідливої концентрації ліпідів [33]. Аналогічно, пероральне введення *Pediococcus acidilactici* CNCM I-4622 покращувало приріст живої маси та ефективність годівлі, а також контролювало фізіологічну тріаду (частоту дихання, ректальну температуру та частоту серцевих скорочень) у кролів, що зазнали теплового стресу, не впливаючи на відносну масу внутрішніх органів, травного тракту та їстівних частин [11]. Незважаючи на наявність кількох досліджень на кролях, їх кількість все ж таки не достатня порівняно з масивом інформації стосовно свійської птиці та свиней. Необхідні подальші дослідження, щоб з'ясувати переваги пробіотиків для цих тварин на різних стадіях продуктивності, у різних статевих-вікових групах та за різних фізіологічних станів.

Пребіотики – це хімічні сполуки, які вибірково стимулюють ріст деяких корисних бактерій у товстій кишці, головним чином біфідобактерій та лактобактерій. Ці

бактерії використовують пребіотики, які переважно досягають товстої кишки, для вироблення легких жирних кислот та вивільнення мінералів, які засвоюються та використовуються організмом тварини [56].

Найбільш широко поширені пребіотики багаті на фруктоолігосахарид, α -галактоолігосахарид, трансгалактоолігосахарид, β -глюкани, маннан-олігосахарид та ксилоолігосахарид. Таким чином, зміни в кишковому середовищі, спричинені включенням пребіотиків до раціону, можуть запобігти або зменшити частоту колібактеріозу та інших захворювань [60]. Інші дослідження показали, що пребіотики мають помітний вплив на метаболічну активність кишкової мікробіоти [50]. Ці натуральні продукти стимулюють імунну систему, регулюють рівень глюкози та метаболізм ліпідів, а також підвищують біодоступність мінералів та зменшують запальні реакції кишківника [19]. Крім того, пребіотики змінюють антиоксидантну здатність та механізм кишкового конкурентного виключення, що призводить до зниження рН кишківника та скорочення популяції патогенних бактерій, приносячи пряму користь тваринам [12].

Аууат та ін. [11] повідомили, що використання в раціоні пребіотика сприяло продуктивній ефективності та підвищувало концентрацію гемоглобіну, загального білка та глобуліну в сироватці крові. Цей натуральний продукт знижував частоту дихання та серцевих скорочень, а також температуру тіла у кролів, які перебували під тепловим стресом. Аналогічно, включення до раціону 0,1% маннан-олігосахаридів та арабіноксилан-олігосахаридів підвищувало середньодобові прирости живої маси, вироблення легких жирних кислот у сліпій кишці та висоту ворсинок клубової кишки, а також зменшувало популяцію коліформних бактерій у сліпій кишці у самців кролів [12]. Більше того, включення до раціону 0,5% шроту з насіння пажитника (*Trigonella foenum-graecum*), багатого на клітковину та галактоманани, знизило рН кишківника та концентрацію $\text{NH}_3\text{-N}$ у ньому, а також збільшило загальне вироблення легких жирних кислот у сліпій кишці [59]. Пероральне введення фруктоолігосахаридів підвищило прирости живої маси та коефіцієнт конверсії корму, не впливаючи на засвоюваність поживних речовин та рівень шкідливих ліпідів сироватки крові у кролів на відгодівлі [6].

Агави – це рослини з високим вмістом фруктанів, що синтезуються та зберігаються в стеблах і складаються з фруктозних полімерів, що походять від молекули сахарози, з глюкозою як кінцевим мономером [49]. Кілька досліджень [30, 31] продемонстрували, що включення до раціону до 1,5 % порошку стебла агави текільної (*Agave tequilana*) покращило продуктивність та якість м'яса, забезпечивши гіполіпідемічний ефект (зниження рівня жирів), хоча і без змін у загальному аналізі крові кролів. Також включення цього натурального продукту (*Agave tequilana*) призвело до збільшення товщини м'язового та слизового шарів, висоти, ширини та кількості ворсинок у дванадцятипалій кишці, що викликало природний неантибіотиковий ефект стимуляції росту [42, 43]. Крім того, використання в раціоні 1,5 % порошку стебла агави сизалевої (*Agave fourcroydes*) сприяло збільшенню маси тіла та ефективності годівлі. Водночас це знизило сироваткову концентрацію глюкози, холестерину, тригліцеридів та атерогенний індекс. При цьому добавка не вплинула на концентрацію азоту сечовини, креатиніну та ліпопротеїнів дуже низької щільності, а також на відносну масу органів травлення та внутрішніх органів кролів на відгодівлі [43, 44].

Мертві дріжджі та їхні хімічні сполуки, головним чином β -глюкани, манопротеїни та хітин, також використовувалися як пребіотики в раціонах тварин [35]. Включення 0,12 г/кг корму дріжджів сприяло підвищенню приростів живої маси, продуктивності, життєздатності, виходу поперекової частини (лоїна) та гістоморфометрію кишківника. Цей натуральний продукт знижив рівень шкідливих ліпідів

(тригліцеридів та холестерину) та збільшив рівень білків, що виробляються печінкою у відлучених кролів [1]. β -Глюкани, отримані з дріжджів із пребіотичною функцією, продемонстрували ад'ювантний (допоміжний) ефект завдяки антиоксидантній, імуномодуючій та протизапальній активності у кролів, інтоксикованих *Pythium insidiosum* [51].

Дослідження, в якому раціони кролів були розроблені з використанням стінок дріжджових клітин, ферментів та їх суміші, показало, що всі ці варіанти покращили показники росту, здоров'я кишківника та перетравність поживних речовин, не викликаючи змін якості м'яса [34]. Нові технології рекомендують інкапсуляцію пребіотиків для досягнення вищої стійкості до шлункового та кишкового травлення. Експеримент підтвердив, що інкапсульовані пребіотики та фітобіотики в раціонах кролів стимулювали популяцію молочнокислих бактерій і дріжджів, а також знижували кількість патогенних бактерій у сліпій кишці. Крім того, це зменшило прояви прозапальних процесів та окислювального стресу, що сприяло підвищенню фагоцитарної та лізосомальної активності [28].

Наразі грибові біопродукти рекомендуються для заміни профілактичних антибіотиків у раціонах тварин [45]. Lebeque-Pérez та ін. [37] виявили високі концентрації β -глюканів, маннан-олігосахариду, сирого протеїну, нуклеїнових кислот та загальних вуглеводів у двох біопрепаратах на основі *Kluyveromyces marxianus* та *Pleurotus ostreatus*. Дослідження *in vivo* підтвердили, що включення 0,5% обох натуральних продуктів покращувало ефективність годівлі та життєздатність кролів, не викликаючи пірогенності (підвищення температури) через відсутність ендотоксинів у біопрепараті.

Враховуючи, що організм кролів, через свої фізіологічні характеристики, вимагає високого вмісту клітковини в раціонах, а корми багаті на цю поживну речовину мають високі концентрації хімічних сполук з пребіотичним ефектом, використання цих добавок може бути реальною альтернативою для відмови від антибіотикових стимуляторів росту. Однак це залежатиме від хімічної структури та розподілу пребіотиків, а також від віку, стану здоров'я, раціону та зоотехнічного менеджменту.

У таблиці 1 підсумовано вплив фітобіотиків, пробіотиків та пребіотиків на кролів різного віку.

Таблиця 1

Вплив нутрацевтичних добавок на кролів різного віку

Добавки	Вікова група	Ефект	Джерела
Фітобіотики (алкалоїди, феноли, таніни, флавоноїди, кумарини та терпеноїди)	Молодняк, кролі на відгодівлі та племінне поголів'я	Антимікробний, антиоксидантний, протизапальний, гіполіпідемічний (зниження рівня жирів), гепатопротекторний та імуномодуючий	[21], [32], [58]
Пробіотики (<i>Lactobacillus spp.</i> , <i>Aspergillus awamori</i> , <i>Bifidobacterium animalis</i> та <i>Saccharomyces boulardi</i>)	Молодняк, кролі на відгодівлі	Антимікробний, антиоксидантний, протизапальний, імуномодуючий та протидіарейний	[4], [46] [33]
Пребіотики (маннанолігосахариди, арабінооксилани, галактоманнан, фруктоолігосахариди та β -глюкани)	Молодняк, кролі на відгодівлі	Вироблення летких жирних кислот, протизапальний, імуномодуючий та гіполіпідемічний	[1], [34], [43], [44]

Висновки. Фітобіотики, пребіотики та пробіотики представляють ефективні альтернативи поширеному використанню субтерапевтичних антибіотиків у кролівництві. Ці нутрацевтичні добавки здатні модулювати мікрофлору кишківника, його проникність та гістоморфометрію, а також антиоксидантну здатність, імунну активність та концентрацію шкідливих ліпідів, що позитивно впливає на приріст живої маси, коефіцієнт конверсії корму, перетравність поживних речовин, здоров'я кишківника та якість м'яса. Крім того, вони можуть полегшити проблеми, пов'язані з діареїчним синдромом, бактеріальними інфекціями та мікотоксинами у кролів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Abd El-Aziz A. H., Mahrose K. M., El-Kasrawy N. I., Alsenosy A. E. W. A. Yeast as growth promoter in two breeds of growing rabbits with special reference to its economic implications. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. 2021. Vol. 93. e20190274.
2. Abd El-Hamid M. I., Ibrahim D., Hamed R. I. et al. Modulatory impacts of multi-strain probiotics on rabbits' growth, nutrient transporters, tight junctions and immune system to fight against *Listeria monocytogenes* infection. *Animals*. 2022. Vol. 12, no. 16. 2082.
3. Abdel-Azeem A. A. S., El-Kader I. A. A. Growth performance, carcass attributes, blood hematology and biochemical constituents of growing rabbits supplemented with cinnamon and clove powder. *Animal Science Papers & Reports*. 2022. Vol. 40, no. 3.
4. Abdel-Wareth A. A., Elkhateeb F. S., Ismail Z. S. et al. Combined effects of fenugreek seeds and probiotics on growth performance, nutrient digestibility, carcass criteria, and serum hormones in growing rabbits. *Livestock Science*. 2021. Vol. 251. 104616.
5. Abdel-Wareth A. A., Metwally A. E. Productive and physiological response of male rabbits to dietary supplementation with thyme essential oil. *Animals*. 2020. Vol. 10, no. 10. 1844.
6. Abo El-Maaty H., Aziz H. A., Dorra T. M. et al. Replacement of dietary yellow corn by wheat bran with or without multi-enzymes or prebiotic supplementation on nutrient digestibility and blood parameters in growing rabbits. *Egyptian Journal of Nutrition and Feeds*. 2019. Vol. 22, no. 2. P. 359–373.
7. Adli D. N., Sjöfjan O., Sholikin M. M. et al. The effects of lactic acid bacteria and yeast as probiotics on the performance, blood parameters, nutrient digestibility, and carcass quality of rabbits: a meta-analysis. *Italian Journal of Animal Science*. 2023. Vol. 22, no. 1. P. 157–168.
8. Akinpelu D. A. Antimicrobial activity of *Anacardium occidentale* bark. *Fitoterapia*. 2021. Vol. 72. P. 286–287.
9. Ayala L., Nicola S., Zoccarato I. et al. *Salvia* spp. como aditivo promotor de crecimiento en dietas de conejos destetados. *Revista Unellez de Ciencia y Tecnología*. 2012. Vol. 30. P. 61–63.
10. Ayala L., Silvana N., Zocarrato I., Gómez S. Utilización del orégano vulgar (*Origanum vulgare*) como fitobiótico en conejos de ceba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 2011. Vol. 45, no. 2. P. 159–161.
11. Ayyat M. S., Al-Sagheer A. A., Abd El-Latif K. M., Khalil B. A. Organic selenium, probiotics, and prebiotics effects on growth, blood biochemistry, and carcass traits of growing rabbits during summer and winter seasons. *Biological Trace Element Research*. 2018. Vol. 186. P. 162–173.
12. Bosscher D., Van Loo J., Franck A. Inulin and oligofructose as prebiotics in the prevention of intestinal infections and diseases. *Nutrition Research Reviews*. 2006. Vol. 19, no. 2. P. 216–226.
13. Chandra S., Saklani S., Kumar P. et al. Nutraceuticals: Pharmacologically active potent dietary supplements. *BioMed Research International*. 2022. Vol. 2022, no. 1. 2051017.

14. Chouegouong M. T., Majoumouo M. S., Menkem E. Z. O. et al. Ethnopharmacological survey and antibacterial activity of medicinal plant extracts used against bacterial enteritis in rabbits. *Advances in Traditional Medicine*. 2021. P. 1–11.
15. Colitti M., Stefanon B., Gabai G. et al. Oxidative stress and nutraceuticals in the modulation of the immune function: current knowledge in animals of veterinary interest. *Antioxidants*. 2019. Vol. 8, no. 1. 28.
16. Dalle-Zotte A., Celia C., Szendrő Z. Herbs and spices inclusion as feedstuff or additive in growing rabbit diets and as additive in rabbit meat: A review. *Livestock Science*. 2016. Vol. 189. P. 82–90.
17. Diaz-Fuentes K., Jerez-Collazo L. R., López-Valoy B., Benítez-González H. R. Efectos de un bioproducto con microorganismos eficientes como aditivo alimentario en conejos en ceba. *Revista CIGET*. 2022. Vol. 1, no. 2. P. 28–38.
18. Dumont B., Puillet L., Martin G. et al. Incorporating diversity into animal production systems can increase their performance and strengthen their resilience. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2020. Vol. 4. 109.
19. El-Ashram S. A., Aboelhadid S. M., Abdel-Kafy E. S. M. et al. Prophylactic and therapeutic efficacy of prebiotic supplementation against intestinal coccidiosis in rabbits. *Animals*. 2019. Vol. 9, no. 11. 965.
20. El-Deep M. H., Amber K. A., Elgendy S. et al. Oxidative stress, hemato-immunological, and intestinal morphometry changes induced by ochratoxin A in APRI rabbits and the protective role of probiotics. *Environmental Science and Pollution Research*. 2020. Vol. 27. P. 35439–35448.
21. Elmowalid G. A. E., Ahmad A. A. M., El-Hamid M. I. A. et al. Nigella sativa extract potentially inhibited methicillin resistant *Staphylococcus aureus* induced infection in rabbits: potential immunomodulatory and growth promoting properties. *Animals*. 2022. Vol. 12, no. 19. 2635.
22. El-Sabrou K., Khalifah A., Ciani F. Current applications and trends in rabbit nutraceuticals. *Agriculture*. 2023. Vol. 13, no. 7. 1424.
23. FAO/WHO. Probiotics in food: Health and nutritional properties and guidelines for evaluation. Roma, Italy : Food and Agriculture Organization of the United Nations, World Health Organization, 2006.
24. Florido G. M., Laurencio M., Rondón A. J. et al. Methodology for the isolation, identification and selection of *Bacillus* spp. strains for the preparation of animal additives. *Cuban Journal of Agricultural Science*. 2017. Vol. 51, no. 2. P. 197–207.
25. Garcia-Mazcorro J. F., Ishaq S. L., Rodriguez-Herrera M. V. et al. Are there indigenous *Saccharomyces* in the digestive tract of livestock animal species? Implications for health, nutrition and productivity traits. *Animal*. 2020. Vol. 14, no. 1. P. 22–30.
26. Glajzner P., Szewczyk E. M., Szemraj M. Pathogenic potential and antimicrobial resistance of *Staphylococcus pseudintermedius* isolated from human and animals. *Folia microbiologica*. 2023. Vol. 68, no. 2. P. 231–243.
27. Haj-Ayed M., Ben-Saïd B. Effect of Tiamulin or Rescue-kit (R) on diet utilisation, growth and carcass yield of growing rabbits. *World Rabbit Science*. 2008. Vol. 16, no. 3. P. 183–188.
28. Hashem N. M., El-Desoky N., Hosny N. S., Shehata M. G. Gastrointestinal microflora homeostasis, immunity and growth performance of rabbits supplemented with innovative non-encapsulated or encapsulated synbiotic. *Proceedings*. 2020. Vol. 73. P. 5.
29. Ingweye J. N., Anaele O., Ologbose F. I. Response of rabbit bucks to diets containing Aidan (*Tetrapleura tetraptera*) as feed additive. *Animal Research International*. 2020. Vol. 17, no. 2. P. 3691–3705.
30. Iser M., Martínez Y., Valdivié M. et al. Comportamiento productivo y características de la canal de conejos alimentados con harina de Agave tequilana. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*. 2016. Vol. 17, no. 10. P. 1–12.
31. Iser M., Valdivié M., Sánchez D. et al. Effect of diet supplementation with meal of Agave tequilana stems on hematological indicators and blood biochemistry of fattening rabbits. *Cuban Journal of Agricultural Science*. 2019. Vol. 53, no. 4. P. 403–412.

32. Johnson N. C., Ogbamgba V. M., Mbachiantim J. T. Growth Responses of Weaner Rabbits to Dietary Ginger (*Zinger officinale*) and Garlic (*Allium sativum*). *European Journal of Science, Innovation and Technology*. 2022. Vol. 2, no. 1. P. 13–16.
33. Kadja L., Dib A. L., Lakhdara N. et al. Influence of three probiotics strains, *Lactobacillus rhamnosus* GG, *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB-12 and *Saccharomyces boulardii* CNCM I-745 on the biochemical and Haematological profiles and body weight of healthy rabbits. *Biology*. 2021. Vol. 10, no. 11. 1194.
34. Khan K., Aziz K., Khan N. A. et al. Effect of enzyme and yeast-based feed additives on growth, nutrient digestibility, meat quality and intestinal morphology of fattening rabbits. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*. 2021. Vol. 72, no. 4. P. 3511–3518.
35. Klassen L., Reintjes G., Li M. et al. Fluorescence activated cell sorting and fermentation analysis to study rumen microbiome responses to administered live microbials and yeast cell wall derived prebiotics. *Frontiers in Microbiology*. 2023. Vol. 13. 1020250.
36. Krysiak K., Konkol D., Korczyński M. Overview of the use of probiotics in poultry production. *Animals*. 2021. Vol. 11, no. 6.
37. Lebeque-Pérez Y., Fong-Lores O., Rodríguez-Leblanch E. et al. Evaluación in vivo de la pirogenicidad de bioproductos fúngicos con potencial prebiótico. *Revista Información Científica*. 2022. Vol. 101, no. 3.
38. Lee N. K., Kim W. S., Paik H. D. *Bacillus* strains as human probiotics: characterization, safety, microbiome, and probiotic carrier. *Food Science and Biotechnology*. 2019. Vol. 28. P. 1297–1305.
39. Liu L., Zuo W., Li F. Dietary addition of *Artemisia argyi* reduces diarrhea and modulates the gut immune function without affecting growth performances of rabbits after weaning. *Journal of Animal Science*. 2019. Vol. 97, no. 4. P. 1693–1700.
40. Mali S., Rathod S., Kale N., Shinde N. Overview of nutraceuticals. *Asian Journal of Pharmaceutical Research*. 2022. Vol. 12, no. 1. P. 61–70.
41. Mancini S., Paci G. Probiotics in rabbit farming: Growth performance, health status, and meat quality. *Animals*. 2021. Vol. 11, no. 12. 3388.
42. Martínez Y., Iser M., Valdivié M. et al. Supplementation with Agave fourcroy powder on growth performance, carcass traits, organ weights, gut morphometry, and blood biochemistry in broiler rabbits. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 2021. Vol. 12, no. 3. P. 756–772.
43. Martínez Y. Role of zootechnical additives on productivity and health of rabbits. *Cuban Journal of Agricultural Science*. 2024. Vol. 58.
44. Martínez Y., Iser M., Valdivié M. et al. Dietary supplementation with Agave tequilana (weber var. Blue) stem powder improves the performance and intestinal integrity of broiler rabbits. *Animals*. 2022. Vol. 12, no. 9. 1117.
45. Morris-Quevedo H. J., Llauradó-Maury G., Bermúdez Savón R. C. et al. Evaluation of the immunomodulatory activity of bioproducts obtained from the edible-medicinal mushroom *Pleurotus ostreatus*. *Biotechnología Aplicada*. 2018. Vol. 35, no. 3. P. 3511–3514.
46. Nwachukwu C. U., Aliyu K. I., Ewuola E. O. Growth indices, intestinal histomorphology, and blood profile of rabbits fed probiotics-and prebiotics-supplemented diets. *Translational Animal Science*. 2021. Vol. 5, no. 3. txab096.
47. Olorunsogbon B. F., Sangosina M. I., Olorunsogbon A. M. Effect of orally administered aqueous extract of ginger and almond fruit extract on haematological and biochemical indices of weaned rabbits. *Nigerian Journal of Animal Production*. 2022. Vol. 49, no. 2. P. 123–129.
48. Oso A. O., Idowu O. M. O., Haastrup A. S. et al. Growth performance, apparent nutrient digestibility, caecal fermentation, ileal morphology and caecal microflora of growing rabbits fed diets containing probiotics and prebiotics. *Livestock Science*. 2013. Vol. 157, no. 1. P. 184–190.

49. Peralta-García I., González-Muñoz F., Elena R. A. M. et al. Evolution of fructans in aguamiel (Agave sap) during the plant production lifetime. *Frontiers in Nutrition*. 2020. Vol. 7. 566950.
50. Pogány-Simonová M., Chrastinová L., Lauková A. Autochthonous strain *Enterococcus faecium* EF2019 (CCM7420), its bacteriocin and their beneficial effects in broiler rabbits – A review. *Animals*. 2020. Vol. 10, no. 7. 1188.
51. Santurio J. M., Alves S. H., Pereira D. I. B. et al. Effect of yeast purified β -glucan in experimental treatment of pythiosis in rabbits. *International Clinical Pathology Journal*. 2020. Vol. 8. P. 14–20.
52. Suárez-Machín C., Mora-Castellanos L. M., Savón-Valdés L. L. et al. Caracterización físico-química y microbiológica del Lebame para su uso como probiótico en la alimentación de conejos, en crecimiento-ceba. *Revista ICIDCA*. 2022. Vol. 56, no. 1.
53. Sun H., Ni X., Song X. et al. Fermented Yupingfeng polysaccharides enhance immunity by improving the foregut microflora and intestinal barrier in weaning rex rabbits. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2016. Vol. 100. P. 8105–8120.
54. Treiber F. M., Beranek-Knauer H. Antimicrobial residues in food from animal origin – A review of the literature focusing on products collected in stores and markets worldwide. *Antibiotics*. 2021. Vol. 10, no. 5. 534.
55. Vidovic N., Vidovic S. Antimicrobial resistance and food animals: Influence of livestock environment on the emergence and dissemination of antimicrobial resistance. *Antibiotics*. 2020. Vol. 9, no. 2. 52.
56. Wlazło Ł., Kowalska D., Bielański P. et al. Effect of fermented rapeseed meal on the gastrointestinal microbiota and immune status of rabbit (*Oryctolagus cuniculus*). *Animals*. 2021. Vol. 11, no. 3. 716.
57. Xie H., Yu E., Wen H. et al. Effects of dietary daidzein supplementation on reproductive performance, immunity, and antioxidative capacity of New Zealand White does. *Animal Feed Science and Technology*. 2022. Vol. 292. 115431.
58. Xie H., Yu E., Wen H. et al. Maternal Daidzein Supplementation during Lactation Promotes Growth Performance, Immunity, and Intestinal Health in Neonatal Rabbits. *Agriculture*. 2023. Vol. 13, no. 9. 1654.
59. Zemzmi J., Ródenas L., Blas E. et al. Preliminary evaluation of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*) seed gum as a potential prebiotic for growing rabbits in Tunisia: effects on in vivo faecal digestibility and in vitro fermentation. *World Rabbit Science*. 2020. Vol. 28, no. 3. P. 113–122.
60. Zhu Y. T., Yue S. M., Li R. T. et al. Prebiotics inulin metabolism by lactic acid bacteria from young rabbits. *Frontiers in Veterinary Science*. 2021. Vol. 8. 719927.

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 636.34:636.084.1(477.43/44)

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.3.33>

ВИКОРИСТАННЯ ЛІКУВАЛЬНО-ПРОФІЛАКТИЧНОГО ПРЕПАРАТУ «ПРОБІОЛ» ПРИ ВИРОЩУВАННІ ПОМІСНИХ ЯГНЯТ У ПЕРІОД ПІДСИСУ

Цвігун А.Т. – д.с.-г.н., професор,
завідувач лабораторії кормовиробництва
та годівлі сільськогосподарських тварин,
Інститут тваринництва степових районів
імені М. Ф. Іванова «Асканія-Нова»
orcid.org/0000-0002-1214-1113

Лінник І.О. – головний зооінженер,
Фермерське господарство «Рясниківське»
orcid.org/0009-0002-3569-6717

Кудрик Н.А. – к.с.-г.н., с.н.с.,
в. о. директора ІТСР «Асканія-Нова»,
Інститут тваринництва степових районів
імені М. Ф. Іванова «Асканія-Нова»
orcid.org/0000-0002-9556-2430

Яковчук В.С. – к.с.-г.н., с.н.с.,
завідувач лабораторії технології виробництва
і переробки продукції вівчарства,
Інститут тваринництва степових районів
імені М. Ф. Іванова «Асканія-Нова»
orcid.org/0000-0001-8423-8486

Тимофійшин І.І. – к.с.-г.н., доцент,
с.н.с. лабораторії кормовиробництва
та годівлі сільськогосподарських тварин,
Інститут тваринництва степових районів
імені М. Ф. Іванова «Асканія-Нова»
orcid.org/0009-0008-6022-8986

Яковчук Г.О. – с.н.с. лабораторії генетики,
Інститут тваринництва степових районів
імені М. Ф. Іванова «Асканія-Нова»
orcid.org/0000-0002-2141-8540

Понько Л.П. – к.с.-г.н., доцент кафедри технології виробництва
і переробки продукції тваринництва,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
orcid.org/0000-0003-4405-7781

У роботі викладені результати дослідження впливу пробіотичного препарату «Пробіол» на помісних ягнят у період підсису від народження до 2,5-місячного віку. Пробіотик застосовується для підвищення імунітету ягнят, профілактики шлунково-кишкових



© Цвігун А.Т., Лінник І.О., Кудрик Н.А., Яковчук В.С., Тимофійшин І.І.,
Яковчук Г.О., Понько Л.П., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

розладів та збільшення середньодобових приростів. Дослідження проводили в умовах племінного репродуктора з розведення овець романівської породи ФГ «Рясниківське» Рівненської області на помісних баранчиках (барани-плідники дорпер × вівцематки романівської породи). За методом груп-аналогів було сформовано дві групи вівцематок з ягнятами (по 15 вівцематок та 15 голів ягнят у кожній). Новонародженим ягням дослідної групи, починаючи з віку 7–10 днів життя, використовували разом з концентрованими кормами профілактичний препарат «Пробіол» у дозі 25 г/100 кг концкорму. Контрольна група не отримувала пробіотик. Жива маса баранчиків при народженні становила у контрольній групі – $2,75 \pm 0,10$ кг, а у дослідній – $2,66 \pm 0,14$ кг. Встановлено, що у 2,5-місячному віці тварини контрольної групи мали живу масу $14,2 \pm 0,23$ кг, а їх ровесники з дослідної – $16,1 \pm 0,27$ кг, середньодобовий приріст при цьому склав відповідно $152,0 \pm 2,55$ г та $179,0 \pm 3,59$ г при $P > 0,999$. Таким чином, перевага дослідної групи від використання «Пробіолу» склала 17,8 %. За період досліду в контрольній групі відмічалися поодинокі розлади шлунково-кишкового тракту, у ягнят дослідної групи розладів не було. Бактерії-пробіоти, що містилися у препараті «Пробіол», випереджали заселення кишківника новонароджених ягнят дослідної групи нормальною мікрофлорою і створювали біологічний бар'єр, який перекривав доступ до нього умовно-патогенним бактеріям.

Вивчення рівня загального білка у сироватці крові та співвідношення його фракцій дозволило оцінити продуктивність тварин, їхній фізіологічний стан і відносний рівень природної резистентності. Встановлено, що у баранчиків контрольної групи кількість загального білка склала 61,5 г/л, тоді як у тварин дослідної групи – 64,8 г/л або на 5,37 % більше. Це свідчить про достатню кількість структурного матеріалу для забезпечення приростів живої маси. Що стосується глобулінів, то баранчики контрольної групи мали їх вміст 24,7 г/л, тоді як тварини дослідної групи – 27,5 г/л або на 11,34 % більше.

У 2,5-місячному віці було визначено економічну ефективність використання пробіотику «Пробіол». Встановлено, що використання препарату «Пробіол» у період підсису помісним ягням протягом 75 днів у дозі 25 г на 100 кг концкорму забезпечило прибуток 237,4 грн на голову.

Ключові слова: помісні ягнята, пробіотик, середньодобові прирости, загальний білок, альбуміни.

Tsvihun A.T., Linnyk I.O., Kudryk N.A., Yakovchuk V.S., Tymofishyn I.I., Yakovchuk G.O., Ponko L.P. Use of the therapeutic and preventive preparation «Probiol» in the rearing of crossbred lambs during the suckling period

The paper presents the results of a study on the effects of the probiotic preparation “Probiol” on crossbred lambs during the suckling period from birth to 2.5 months of age. The probiotic is used to enhance the immune status of lambs, prevent gastrointestinal disorders, and increase average daily weight gains.

The studies were carried out under the conditions of a breeding reproducer specializing in Romanov sheep at the farm “Riasnykivske” in the Rivne region, using crossbred ram lambs (Dorper rams x Romanov ewes). Using the method of analogue groups, two groups of ewes with lambs were formed (15 ewes and 15 lambs in each group). Newborn lambs of the experimental group, starting from 7–10 days of age, received the preventive preparation “Probiol” together with concentrated feeds at a dose of 25 g per 100 kg of concentrated feed. The control group did not receive probiotics. The live weight of ram lambs at birth was 2.75 ± 0.10 kg in the control group and 2.66 ± 0.14 kg in the experimental group.

It was established that at 2.5 months of age, animals in the control group had a live weight of 14.2 ± 0.23 kg, whereas their counterparts in the experimental group reached 16.1 ± 0.27 kg. The average daily gain was 152 ± 2.55 g in the control group and 179 ± 3.59 g in the experimental group ($P > 0.999$), respectively. Thus, the advantage of the experimental group resulting from the use of “Probiol” amounted to 17.8 %. During the experimental period, isolated cases of gastrointestinal disorders were observed in the control group, whereas no such disorders were recorded in lambs of the experimental group. The probiotic bacteria contained in the preparation “Probiol” promoted earlier colonization of the intestines of newborn lambs in the experimental group with normal microflora and formed a biological barrier that prevented the colonization by opportunistic pathogenic bacteria.

The study of total serum protein levels and the ratio of its fractions made it possible to assess animal productivity, physiological status, and relative resistance. It was established that ram lambs in the control group had a total protein content of 61.5 g/L, whereas animals in the

experimental group showed 64.8 g/L, which is 5.37% higher. This indicates a sufficient amount of structural material to support live weight gain. As for globulins, ram lambs in the control group had a concentration of 24.7 g/L, while those in the experimental group had 27.5 g/L, which is 11.34% higher.

At 2.5 months of age, the economic efficiency of using the probiotic "Probiol" was determined. It was established that the use of "Probiol" during the suckling period in crossbred lambs for 75 days at a dose of 25 g per 100 kg of concentrated feed provided a profit of 237.4 UAH per head.

Key words: crossbred lambs, probiotic, average daily gain, total protein, albumins.

Постановка проблеми. Здоров'я тварин є найголовнішим чинником щодо ефективного виробництва, оскільки лише здорові тварини можуть повністю реалізувати свій генетичний та продуктивний потенціал. Високий рівень смертності ягнят є загальносвітовою проблемою сталого розвитку галузі вівчарства. Відхід ягнят може досягати 40 % від загальної кількості народжених тварин [1, с. 287-300]. Загибель молодяку овець завдає значних економічних збитків у вівчарстві та суттєво знижує рентабельність галузі [2, с. 295-305; 3, с. 20-27; 4, с. 203-211]. За повідомленнями норвезьких дослідників I. H. Holmoу та ін. частою причиною загибелі ягнят після народження є інфекція, яка спричинила 36 % усіх смертей [2, с. 295-305]. У іншому дослідженні, американськими вченими E. M. Huffman та ін. було встановлено, що ураження інфекційними захворюваннями, які виникали до 3-тижневого віку стали причиною 28 % смертей ягнят [5, с. 163-171]. Дослідники з Великобританії L. E. Green, G. Wiener та ін. повідомляють, що втрати ягнят за перший тиждень життя становили 10,5 - 12,1 % [6, с. 539-551; 7, с. 251-261]. За повідомленнями A. Abdelqader та ін. (Йорданія), які розтинали загиблих ягнят, смертність від шлунково-кишкових інфекцій при екстенсивному виробництві становила 16,2 %, причому у ягнят, які важили менше 2,0 кг летальні випадки становили 45,1 % [8, с. 1-6]. У тваринництві для лікування бактеріальних інфекцій та пригнічення росту бактерій зазвичай прийнято використовувати лікарські засоби – антибіотики. Вони відіграють важливу роль у забезпеченні ефективності виробництва, особливо в інтенсивних системах тваринництва. За даним H. Malik і ін., 73 % антибіотиків використовуються у лікувальних та профілактичних цілях, а також для стимулювання росту та продуктивності [9, с. 172-182].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Пробиотики знайшли широке використання ще у XX столітті, як препарати немікробного походження, які здатні здійснювати позитивний ефект на організм господаря через селективну стимуляцію активності нормальної мікрофлори кишечника. Вони не перетравлюються і не всмоктуються в шлунку та в тонкому відділі кишечника, а потрапивши в товстий відділ кишечника, використовуються як поживне середовище для нормальної мікрофлори [10, с. 28-30]. Ці цінні біологічні добавки при годівлі тварин сприяють покращенню показників росту, зміцненню імунітету та кращому стану здоров'я [11, с. 449-457; 12, с. 42-49; 13, с. 523-530]. Їх використання підтримує здорову кишкову мікрофлору, що призводить до підвищення продуктивності та стійкості до стресу у ягнят. Молодняк овець, який отримує пробиотики, часто демонструє вищий середньодобовий приріст та кращі коефіцієнти конверсії корму, що свідчить про ефективніше перетворення корму на живу масу тіла [14, с. 287-300]. Пробиотики можуть посилити імунну відповідь, що призводить до підвищення рівня імуноглобуліну G (IgG) та покращення загального здоров'я [15, с. 47-52; 16, с. 342-350; 17, с. 80-89]. Балансуючи мікрофлору кишечника та збільшуючи кількість корисних бактерій, як-от лактобактерії та біфідобактерії, пробиотики покращують засвоюваність поживних речовин та зменшують такі

проблеми, як діарея [14, с. 287-300]. Додатки пробіотиків можуть покращити здатність ягнят справлятися зі стресом, включаючи стресові фактори навколишнього середовища, як-от високі температури.

Механізм дії пробіотиків полягає у тому, що вони містять корисні мікроорганізми, які, потрапляючи до кишечника, сприяють здоровому балансу бактерій, що допомагає травленню та запобігає росту шкідливих бактерій. До того ж пробіотичні бактерії конкурують з патогенами за місця адгезії на стінці кишечника та виробляють антимікробні речовини, обмежуючи поширення інфекцій. Здоровіший кишковий мікробіом покращує засвоюваність корму, дозволяючи жуйним, зокрема вівцям, засвоювати більше необхідних поживних речовин зі свого раціону, сприяти росту та розвитку тварин [18].

Тому пошук нових ефективних вітчизняних пробіотичних засобів та визначення їх впливу на овець, зокрема ягнят, у найбільш проблемний період їх життя, є досить актуальним на сьогодні.

Постановка завдання. З огляду на вищевказане, у даному дослідженні було поставлено за мету оцінити вплив лікувально-профілактичного засобу «Пробіол» на показники росту помісних ягнят у період підсису.

Методи дослідження. Враховуючи актуальність проблеми, у племінному репродукторі з розведення овець романівської породи ФГ «Рясниківське» Рівненської області на помісних баранчиках (барани-плідники дорпер × вівцематки романівської породи) було проведено науковий експеримент щодо вирощування резистентних ягнят у період підсису при використанні пробіотику «Пробіол». З цією метою, за методом груп-аналогів було сформовано дві групи вівцематок з ягнятами (по 15 вівцематок та 15 голів ягнят у кожній). Новонародженим ягнятам дослідної групи, починаючи з віку 7 - 10 днів життя, використовували разом з концентрованими кормами профілактичний препарат «Пробіол» у дозі 25 г на 100 кг корму. Суміш («Пробіол» + концкорми) для використання готували наступним чином: зважені 25 грам «Пробіол» ретельно змішували з 100 г концентрату. Потім в отриману суміш досипали один кілограм концкорму та добре перемішували. Далі досипали концкорм до 10 кг та добре перемішували. Наприкінці доводили масу концентрованого корму до 100 кг, при цьому ретельно перемішували всі компоненти суміші. Контрольна група не отримувала пробіотик. Дослід тривав до досягнення піддослідними ягнятами 2,5-місячного віку. Живу масу баранчиків визначали шляхом індивідуального зважування при постановці та у кінці досліду. Кров для дослідження відбирали з яремної вени трьох ягнят від кожної групи до ранкової годівлі. У крові визначали наступні показники: АсАТ, АлАТ, ГГТ, лужну фосфатазу, білірубін, креатинін, сечовину, загальний білок, альбумін, глюкозу, кальцій, калій. Біометричну обробку отриманих даних проводили за алгоритмами М. О. Плохінського з використанням комп'ютерної програми Excel.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих результатів. Отримання життєздатних, функціонально активних ягнят, а надалі і високопродуктивних дорослих овець є однією з найважливіших проблем у вівчарстві. Вирішення даної проблеми неможливо без особливої уваги до процесів, що відбуваються у шлунково-кишковому тракті. Від специфічної активності мікроорганізмів залежить ступінь використання корму, що є дуже важливим компонентом у забезпеченні організму ягнят повноцінним білком та енергією. Саме на створення нормальної мікрофлори і спрямована дія вітчизняного пробіотичного засобу – «Пробіолу». Цей препарат розроблений на основі спеціально підібраних штамів життєздатних клітин молочнокислих бактерій, є альтернативою антибіотиків

та стимуляторів росту. Він має високу біологічну активність, пригнічує ріст патогенних мікроорганізмів, продукує амінокислоти і вітаміни групи В. При застосуванні нормалізується обмін речовин, підвищується резистентність організму, збільшується продуктивність, збереженість поголів'я, зменшуються витрати кормів на одиницю продукції. Пробиотик застосовується для швидкого спрямованого формування здорової мікрофлори травного тракту, а також для профілактики і лікування шлунково-кишкових хвороб. До складу входять концентровані, висушені, життєздатні клітини спеціально підібраних штамів мікроорганізмів (*Streptococcus faecium*, *Lactobacillus plantarum* і *Lactobacillus salivarius*), що свідчить про відмінні потенційні властивості щодо впливу на організм тварин, зокрема овець. Склад препарату: висушені життєздатні клітини спеціально підібраних штамів мікроорганізмів з титром не менше 1×10^{10} КУО/г [19]. Його можна вводити декількома шляхами, але пероральний метод найбільш поширений у тваринництві.

Вивчення впливу лікувально-профілактичного препарату проводили на помісних ягнятах, які були отримані у результаті покриття баранами породи дорпер вівцематок романівської породи. Дорпер – це порода овець, яка походить із Південної Африки. Виведена у 1930 рр. із порід Дорсет Горн і Перської чорноголової (Сомалійської вівці). Назва вівці Дорпер походить із поєднання перших літер обох вихідних порід овець (Дорсет Горн і Перської чорноголової). Маса дорлого барана – 95 - 140 кг, маса вівцематки – 60 - 90 кг, маса новонародженого ягняти – 2,0 - 3,5 кг. Кількість народжених ягнят від однієї вівцематки – 1 - 3 голови. У молодняка висока скоростиглість, вони не тільки дуже швидко ростуть і порівняно швидко дозрівають, але й стрімко набирають масу тіла. Схрещування овець породи дорпер – поширена практика у вівчарстві для покращення показників м'ясної продуктивності шляхом поєднання бажаних характеристик породи дорпер з характеристиками інших порід. Тому цю породу активно використовують у всьому світі у промисловому схрещуванні [20, с. 99-102; 21, с. 28-35].

Іншою породою, яка останнім часом стає все більш популярною у світі і, зокрема в Україні, через високу плодючість, є романівська порода. Жива маса баранів становить 65 – 90 кг, маток 45 – 50 кг, настриг вовни у баранів 2,5 – 3 кг, у маток 1,2 – 1,5 кг. Вівці характеризуються високою плодючістю, яка в середньому становить 250 ягнят на 100 вівцематок. Овець романівської породи у країнах Західної Європи широко використовують з метою промислового схрещування для підвищення багатопліддя і отримання ягнятини. Порода настільки успішна, що стала популярною у багатьох країнах світу [22; 23, с. 171-177].

Незважаючи на позитивну дію пробіотиків, більшість з них має істотний недолік: живі клітини культур у складі кормів чи водних розчинів швидко гинуть і, в результаті, препарати втрачають свою активність. Так, після змішування з кормом деякі препарати втрачають до 40 % активності протягом 10 днів. Тому ми готували суміш пробіотику з концентрованими кормами не більше, ніж на тиждень.

Жива маса баранчиків при народженні становила у контрольній групі – $2,75 \pm 0,10$ кг, а у дослідній – $2,66 \pm 0,14$ кг (табл. 1).

Встановлено, що у 2,5-місячному віці тварини контрольної групи мали живу масу $14,2 \pm 0,23$ кг, а їх ровесники з дослідної – $16,1 \pm 0,27$ кг, середньодобовий приріст при цьому склав відповідно $152,0 \pm 2,55$ г та $179,0 \pm 3,59$ г при $P > 0,999$. Таким чином, перевага тварин дослідної групи над контрольною від використання «Пробіолу» склала 17,8 %. За період дослідження у контрольній групі відмічалися поодинокі розлади шлунково-кишкового тракту, а у ягнят дослідної групи розладів не було. Бактерії-пробіоти, що містилися у препараті «Пробіол» випереджали

заселення кишківника новонароджених ягнят дослідної групи нормальною мікрофлорою і створювали біологічний бар'єр, який перекривав доступ до нього умовно-патогенним бактеріям.

Таблиця 1

Показники росту піддослідних ягнят у період підсису

Показник	Групи піддослідних тварин	
	контроль	дослід
Жива маса при народженні, кг	2,8 ± 0,10	2,7 ± 0,14
Жива маса у 75-денному віці, кг	14,2 ± 0,23	16,1 ± 0,27
Абсолютний приріст, кг	11,4 ± 0,19	13,4 ± 0,27
Середньодобовий приріст, г	152,0 ± 2,55	179,0 ± 3,59***
+/- до контролю, %	-	17,8
Відносний приріст, %	407	496

***P > 0,999

Кров є життєво важливою субстанцією для живого організму тварин. Її склад характеризує фізіологічний стан організму, який тісно пов'язаний з проявом життєво важливих функцій, умовами життя та зумовлює характер, та інтенсивність процесів, що відбуваються в організмі тварин. До клітин органів тіла тварин разом з кров'ю надходять поживні речовини, кисень, вітаміни, гормони, ферменти, анти-тіла і виділяються продукти обміну речовин та вуглекислий газ. Кров також підтримує рівновагу електролітів в організмі та забезпечує його захисні функції. Склад крові змінюється за багатьох факторів, зокрема за умов годівлі, тому показники крові використовуються для контролю за станом здоров'я та продуктивних властивостей тварин [24, с. 84-89]. Вивчення рівня загального білка у сироватці крові та співвідношення його фракцій дозволяє оцінити продуктивність тварин, їхній фізіологічний стан і відносний рівень природної резистентності. Встановлено, що у баранчиків контрольної групи кількість загального білка склала 61,5 г/л, тоді як у тварин дослідної групи – 64,8 г/л, або на 5,37 % більше. Це свідчить про достатню кількість структурного матеріалу для забезпечення приростів живої маси (табл. 2).

Таблиця 2

Аналіз крові піддослідних тварин

Показник	Групи піддослідних тварин		У порівнянні з контролем	
	контроль	дослід	+/-	%
Загальний білок, г/л	61,5 ± 2,07	64,8 ± 2,49	3,3	+5,37
Альбумін, г/л	36,8 ± 0,71	37,3 ± 0,4	0,5	+1,36
Глобуліни, г/л	24,7 ± 2,48	27,5 ± 2,82	2,8	+11,34
АсАТ, МО/л	101,4 ± 8,87	125,9 ± 16,27	24,5	+24,16
АлАТ, МО/л	18,9 ± 1,24	17,2 ± 0,99	1,7	-8,09
Креатинін, мкмоль/л	156,7 ± 5,21	160,7 ± 4,8	4,0	+2,55
Глюкоза, г/л	4,6 ± 0,34	5,3 ± 0,93	0,7	+15,22
ГГТ, МО/л	52,4 ± 11,77	59,9 ± 14,1	7,5	+14,31
Сечовина, мкмоль/л	13,4 ± 2,4	12,29 ± 1,23	1,11	-8,28
Лужна фосфатаза, МО/л	233,2 ± 20,83	229,2 ± 47,19	4,0	-1,72
Білірубін, мкмоль/л	15,5 ± 1,09	15,6 ± 1,04	0,1	+0,65
Кальцій, мкмоль/л	3,3 ± 0,26	3,6 ± 0,32	0,3	+9,09
Калій, мкмоль/л	19,5 ± 3,16	17,6 ± 3,1	1,9	-9,74

Альбуміни та глобуліни є основними видами білків, що беруть участь в обміні речовин в організмі тварин. Зміна вмісту альбумінів у сироватці крові нерозривно пов'язана з інтенсивністю росту тварини. Помічено, що при більш високому рівні альбумінів, вищі і середньодобові прирости живої маси. Так, баранчики контрольної групи мали вміст альбумінів – 36,8 г/л, тоді як тварини дослідної групи – 37,3 г/л або на 1,36 % більше. Що стосується глобулінів, то різниця між групами була ще більшою. Так, вміст глобулінів у контрольній групі становив 24,7 г/л, а у ягнят, які отримували пробіотик – 27,5 г/л або на 11,34 % більше. В обмінних і синтетичних процесах організму важливу роль відіграють білки крові, які входять до складу ферментних систем. Важливим компонентом білкового обміну у сироватці крові є ферменти переамінування, особливо аспартатамінотрансфераза і аланінамінотрансфераза (АсАТ і АлАТ). Вони каталізують реакції перенесення аміних груп аміно- і кетокислотами, внаслідок чого утворюються нові амінокислоти, тобто відбувається синтез білків. Ферменти АсАТ і АлАТ тісно пов'язані з продуктивністю тварин. Чим вища їх концентрація, тим вища активність процесу обміну речовин; чим активніший фермент, тим інтенсивнішими є процеси метаболізму в організмі [25, с. 57-64]. За вмістом аспартатамінотрансферази (АсАТ) баранчики дослідної групи переважали ровесників з контрольної на 24,2 %. З'ясовано, що за вмістом аланінамінотрансферази у сироватці крові піддослідних тварин різниці майже не було.

У контексті азотистого обміну варто відзначити, що креатинін – ключовий метаболіт у енергетичному обміні. Встановлено, що тварини контрольної групи мали вміст креатиніну у крові $156,7 \pm 5,21$ мкмоль/л, тоді як баранчики дослідної групи при згодовуванні пробіотику «Пробіол» – $160,7 \pm 4,8$ мкмоль/л або на 2,55 % більше, що вказує на інтенсифікацію у них енергетичного обміну.

Про інтенсивність клітинного метаболізму та процесів енергетичного обміну тварин можна судити з концентрації глюкози в сироватці крові. Вона може змінюватись залежно від секреції катехоламінів, а також під впливом зміни рівня м'язових та печінкових ферментів. Аналіз концентрації глюкози у сироватці крові показав, що ягнята контрольної групи мали вміст глюкози $4,6 \pm 0,34$ г/л, тоді як їх ровесники – $5,3 \pm 0,93$ г/л або на 15,2 % більше.

Фермент гамма-глутамілтрансфераза (ГГТ) міститься в різних тканинах організму, особливо у печінці, нирках, підшлунковій залозі та жовчовивідних шляхах. З'ясовано, що вміст ГГТ у ягнят контрольної групи становив – $52,4 \pm 11,77$ МО/л, тоді як у їх ровесників з дослідної групи – $59,9 \pm 14,1$ МО/л або на 14,3 % більше.

У 2,5-місячному віці (таблиця 3) було визначено економічну ефективність використання пробіотику «Пробіол». Економічна ефективність від використання пробіотиків, особливо у тваринництві, забезпечується підвищенням продуктивності, покращенням конверсії корму, зменшенням витрат на ветеринарні препарати та зниженням смертності молодняку. Використання пробіотику «Пробіол» дозволило отримати додатковий приріст живої маси у ягнят дослідної групи. Так, вартість пробіотику «Пробіол» становила – 642 грн. Встановлено, що використання препарату «Пробіол» у період підсису помісним ягнятам протягом 75 днів у дозі 25 г на 100 кг концкорму забезпечило додатково 2,0 кг живої маси, що за вирахуванням вартості препарату склало 237,4 грн на голову.

Таблиця 3

Економічна ефективність використання пробіотику «Пробіол» у період підсису

Показник	Групи піддослідних тварин	
	контроль	дослід
Жива маса при народженні, кг	2,8 ± 0,10	2,7 ± 0,14
Жива маса у 75-денному віці, кг	14,2 ± 0,23	16,1 ± 0,27
Абсолютний приріст, кг	11,4	13,4
Норма витрат «Пробіолу» згідно рекомендацій товаровиробника	-	25г на 100 кг комбікорму
Використано комбікорму за 75 днів	15,8	15,8
Ціна 1 кг «Пробіолу»	-	642
Використання пробіотику «Пробіол»:		
- г	-	4,0
- грн	-	2,6
Отримано додатково продукції у порівнянні з контролем:		
- живої маси, кг	-	2,0
- вартість (1 кг ж.м./ 120 грн), грн	-	240
Прибуток від використання «Пробіол», грн		237,4

Висновки. Таким чином, використання помісним тваринам дослідної групи препарату «Пробіол» у дозі 25 г/100 кг концкорму сприяло формуванню оптимальної мікрофлори шлунково-кишкового тракту, запобігало кишковим захворюванням та сприяло одержанню приросту живої маси ягнят дослідної групи на рівні 179 г, що на 17,8 % перевищило показники тварин контрольної групи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Binns S. H., Cox I. J., Rizvi S., Green L. E. Risk factors for lamb mortality on UK sheep farms. *Prev. Vet. Med.* 2002. Vol. 52. P. 287–303.
2. Holmoy I. H., Waage S., Granquist E.G., L'Abée-Lund T.M., Ersdal C., Hektoen L., Sorby R. Early neonatal lamb mortality: *postmortem* findings. *Animal.* 2017. Vol. 11. № 2. P. 295-305.
3. Sargison N. Differential diagnosis of diarrhoea in lambs. *J. In Practice.* 2004. 26. № 1. P. 20-27. doi:10.1136/inpract.26.1.20
4. Muñoz M., Alvarez M., Lanza I., Cármenes P. Role of enteric pathogens in the aetiology of neonatal diarrhoea in lambs and goat kids in Spain. *Epidemiol. Infect.* 1996. Vol. 117. P. 203-211. doi:10.1017/S0950268800001321
5. Huffman E. M., Kirk J. H., Pappaioanou M. Factors associated with neonatal lamb mortality. *Theriogenology.* 1985. № 24. P. 163-171.
6. Wiener G., Woolliams C., Macleod N. The effects of breed, breeding system and other factors on lamb mortality: Causes of death and effects on the incidence of losses. *J. of Agricultural Science.* 1983. Vol. 100. P. 539-551.
7. Green L. E., Morgan K. L. Mortality in early born, housed lambs in south-west England. *Preventive Veterinary Medicine.* 1993. № 17. P. 251-261.
8. Abdelqader A., Irshaid R., Jihad Tabbaa M., Abuajamieh M., Titi H., Al-Fataftah A. Factors influencing Awassi lambs survivorship under fields conditions. *Livestock Science.* 2017. Vol. 199, P. 1-6. doi:10.1016/j.livsci.2017.03.007
9. H. Malik, R. Singh, S. Kaur, P. Dhaka, J.S. Bedi, J.P.S. Gill, G. Gongal Review of antibiotic use and resistance in food animal production in WHO South-East Asia Region *J. Infect. Public Health.* 2023. P. 172-182. doi:10.1016/j.jiph.2023.11.002

10. Вовк Я. С., Вудмаска В. Ю., Братуняк Г.В. Рубцевий метаболізм у сухостійних корів після згодовування білково-мінеральних добавок. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2001. Вип. 43. ч. 2. С. 28-30.
11. Chiofalo V., Liotta L., Chiofalo B. Effects of the administration of lactobacilli on body growth and on the metabolic profile in growing Maltese goat kids. *Reproduction Nutrition Development*. 2004. Vol. 44. P. 449-457.
12. Salmi H. E., Senkoylu N. F., Koc M. K., Agma A. Effects of Enterococcus faecium and dried whey on broiler performance, gut histomorphology and intestinal microbiota. *Archive of Animal Nutrition*. 2007. Vol. 61. P. 42-49. doi:10.1080/17450390601106655
13. Saleem A. M., Zounouny A. I., Singer A. M. Growth performance, nutrients digestibility, and blood metabolites of lambs fed diets supplemented with probiotics during pre- and post-weaning period. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2017. Vol. 30. № 4. P. 523-530. doi:10.5713/ajas.16.0691
14. Antunovic Z., Speranda M., Liker B., Seric V., Sencic D., Domacinovic M., Sperandat T. Influence of feeding the probiotic Pioneer PDFM to growing lambs on performances and blood composition. *Acta Vet*. 2005. Vol. 55. P. 287-300.
15. Fang H., Elina T., Heikki A., Seppo S. Modulation of humoral immune response through probiotic intake. *Medical Microbiology*. 2000. Vol. 29. P. 47-52.
16. Kaburagi T., Yamano T., Fukushima H., Yoshino N., Sato K. Effect of lactobacillus johnsonii Lal on immune function and serum albumin in aged and malnourished aged mice. *Nutrition*. 2007. Vol. 23. P. 342-350. doi:10.1016/j.nut.2007.02.001
17. Hussein A. F. Effect of Probiotics on Growth, Some Plasma Biochemical Parameters and Immunoglobulins of Growing Najdi Lambs. *World Vet. J*. 2018. Vol. 8. № 4. P. 80-89.
18. Van Doan H., Hoseinifar S., Tapingkae W., Seelaudom M., Jaturasitha S., Dawood M., Wongmaneeprateep S., Thu T., Esteban M. Boosted growth performance, mucosal and serum immunity, and disease resistance Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Fingerlings Using Corn cob Derived Xylooligosaccharide and Lactobacillus plantarum CR1T5. *Probiotics Antimicrobial Proteins*. 2020. Vol. 12. № 2. P. 400-411. doi: 10.1007/s12602-019-09554-5.
19. Пробиол. 2023. URL: <https://enzim.shop/probiol.html> (дата звернення: 19.01.2026).
20. Milne C. The history of the Dorper sheep. *Small Ruminant Research*. 2000 Vol. 36. № 2. P. 99-102. doi:10.1016/S0921-4488(99)00154-6
21. Cloete J. J., Cloete S., Olivier J. J., Hoffman L. C. Terminal crossbreeding of Dorper ewes to Ile de France, Merino Landsheep and SA Mutton Merino sires. *Small Ruminant Research*. 2007. Vol. 69 № 1. P. 28-35. doi:10.1016/J.SMALLRUMRES.2005.12.005
22. Сухарльов В.О. Романівська порода овець. 2012. URL: http://vivci.kardash.com.ua/romanov_sheep_2.htm (дата звернення: 19.01.2026).
23. Мамедов С. М. Особливості продуктивності романівських овець в умовах Херсонської області. *Таврійський науковий вісник*. 2021. № 121. С. 171-177. doi:10.32851/2226-0099.2021.121.24
24. Бакланова Л. В. Активність ферментів крові лактуючих корів за різних показників об'ємно-вагового коефіцієнта та числа лактацій. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2019. Вип. 1. С. 84-89. doi:10.31521/2313-092X/2019-1(101)-12
25. Kitaeva A. P., Slyusarenko V. Blood parameters of goats of different breeds of the local population. *Agrarian bulletin block sea literal*. 2022. Vol. 105. P. 57-64. doi:10.37000/abbsl.2022.105.08

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

UDC 636.5.085.12:612.1

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.3.34>

PHYSIOLOGICAL STATUS AND ENZYMATIC ACTIVITY IN THE BLOOD OF BROILER CHICKENS SUPPLEMENTED WITH ZINC COMPLEX COMPOUNDS

Chepil L.V. – Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Animal Technology,
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
orcid.org/0000-0002-2889-5446

This article presents the results of an experimental study into the effect of synthesised zinc chelate compounds (methionate, glycinate and lysinate) on the physiological condition, haematological parameters and enzymatic activity of the blood in Cobb-500 broiler chickens. The relevance of this work stems from the need to improve the bioavailability of trace elements in poultry feed and the search for effective alternatives to traditional inorganic zinc salts, which are characterised by low absorption rates.

The aim of the study was to assess the effect of organic forms of zinc as premix components on blood parameters and metabolic processes in broiler chickens. The experiment was conducted on four groups of chicks (20 birds each) over a period of 42 days. The control group received zinc sulphate, whilst the experimental groups received zinc methionate, glycinate and lysinate. The physiological status was assessed using haematological, biochemical and enzymatic blood parameters.

It has been established that the use of organic forms of zinc helps to stabilise the body's metabolic status. The most pronounced effect on erythropoiesis was observed with the use of zinc methionate, where the red blood cell count increased by 43% compared to the control group. Zinc lysinate also caused a significant increase in this parameter by 16%, whilst haemoglobin and white blood cell levels remained within the physiological norm. An increase in blood glucose concentration was observed following the administration of zinc methionate, indicating the activation of energy metabolism. At the same time, zinc glycinate and zinc lysinate caused a moderate decrease in total protein, which may be associated with the intensive utilisation of amino acids in growth processes.

Analysis of enzymatic activity showed a decrease in alkaline phosphatase and amylase levels with the use of zinc glycinate and lysinate, which correlates with the completion of intensive growth and the stabilisation of metabolic processes. The activity of transaminases, gamma-glutamyltransferase and catalase did not change significantly, indicating no adverse effect on liver function or the antioxidant system.

The results obtained confirm the high biological efficacy and physiological safety of zinc chelate compounds. Their use helps maintain homeostasis, stimulate haematopoiesis and optimise metabolic processes, which justifies the use of organic forms of zinc in the feeding of broiler chickens as an alternative to inorganic sources of this trace element.

Key words: zinc glycines, methionates, and lysinates; broiler chickens; hematological parameters; meta.

Чепіль Л.В. Фізіологічний стан та ферментативна активність крові курчат-бройлерів при введенні до раціону хелатних сполук цинку

У статті представлено результати експериментального дослідження впливу синтетизованих хелатних сполук цинку (метіонату, гліцинату та лізинату) на фізіологічний стан, гематологічні показники та ферментативну активність крові курчат-бройлерів кросу Cobb-500. Актуальність роботи зумовлена необхідністю підвищення біодоступності мікроелементів у годівлі птиці та пошуком ефективних альтернатив традиційним неорганічним солям цинку, які характеризуються низьким рівнем засвоєння.



© Chepil L.V., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Метою дослідження було оцінити вплив органічних форм цинку як компонентів преміксів на показники крові та метаболічні процеси в організмі бройлерів. Експеримент проведено на чотирьох групах курчат (по 20 голів) упродовж 42 діб. Контрольна група отримувала сульфат цинку, тоді як дослідні - метіонат, гліцинат та лізинат цинку. Оцінку фізіологічного стану здійснювали за гематологічними, біохімічними та ферментативними показниками крові.

Встановлено, що застосування органічних форм цинку сприяє стабілізації метаболічного статусу організму. Найбільш виражений вплив на еритропоез виявлено при використанні метіонату цинку, де кількість еритроцитів зросла на 43% порівняно з контролем. Лізинат цинку також зумовив достовірне підвищення цього показника на 16%, тоді як рівень гемоглобіну та лейкоцитів залишався в межах фізіологічної норми. Виявлено підвищення концентрації глюкози в крові при введенні метіонату цинку, що свідчить про активацію енергетичного обміну. Водночас гліцинат і лізинат цинку спричинили помірне зниження загального білка, що може бути пов'язано з інтенсивним використанням амінокислот у процесах росту.

Аналіз ферментативної активності показав зниження рівня лужної фосфатази та алілази при застосуванні гліцинату і лізинату цинку, що корелює із завершенням інтенсивного росту та стабілізацією обмінних процесів. Активність трансаміназ, гамма-глутамілтрансферази та каталази істотно не змінювалась, що свідчить про відсутність негативного впливу на функціональний стан печінки та антиоксидантну систему.

Отримані результати підтверджують високу біологічну ефективність і фізіологічну безпечність хелатних сполук цинку. Їх застосування сприяє підтриманню гомеостазу, активізації кровотворення та оптимізації метаболічних процесів, що обґрунтовує доцільність використання органічних форм цинку у годівлі курчат-бройлерів як альтернативи неорганічним джерелам мікроелемента.

Ключові слова: гліцинати, метіонати та лізинати цинку, курчата-бройлери, гематологічні показники, обмін речовин.

Introduction. Zinc is one of the most important essential trace elements in poultry farming, as it is a component of over 300 metalloproteins that regulate virtually all types of metabolism: protein, carbohydrate and lipid. Its role in ensuring high-intensity metabolic processes in tissues is crucial for realising the genetic potential of modern poultry breeds [1, 9]. As the chicken's body has no stored zinc reserves, a deficiency in the diet leads to the rapid onset of pathological conditions, including stunted growth, deterioration in plumage quality, the development of dermatitis and skeletal deformities [5, 10].

The traditional use of inorganic zinc salts (primarily sulphates) in premixes is often accompanied by low bioavailability of the element due to antagonistic interactions with other feed components in the gastrointestinal tract. Current trends in poultry feeding are moving towards the use of organic forms of trace elements, particularly chelated compounds. Such metal complexes with amino acids (glycinates, methionates, lysinates) are characterised by greater stability, better absorption and the ability to protect cells from the potential toxic effects of free metal ions through the formation of intracellular complexes with thiol groups [4, 6].

Assessing physiological status and haematological parameters is a reliable method for evaluating the efficacy of new feed additives. Changes in the activity of blood plasma enzymes, such as alkaline phosphatase, amylase and transaminases, allow for the timely identification of the impact of nutrients on liver function and the growth rate of poultry [2, 7]. Despite a significant body of work on zinc nanoparticles and general mineral mixtures, the comparative efficacy of various zinc amino acid chelates (methionate, glycinate and lysinate) and their specific effects on the enzymatic profile of broiler blood remain insufficiently explored [3, 8].

The relevance of this issue stems from the need to identify optimal forms of trace elements that would ensure the stability of the organism's metabolic status without causing undue physiological stress.

The aim of our study was to investigate the effect of synthesised zinc chelates (methionate, glycinate and lysinate) as premix additives on haematological parameters, enzymatic activity and the state of carbohydrate, lipid and protein metabolism in the tissues of Cobb-500 broiler chickens.

Materials and Methods. The research was conducted in the vivarium of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Four experimental groups of day-old Cobb-500 broiler chickens ($n=20$ per group) were formed to study the effects of zinc chelates. The trial lasted 42 days, during which the birds were kept in cages with free access to feed and water.

The control group received zinc sulfate (K) as its zinc source. Experimental groups received zinc methionate (1 D), zinc glycinate (2 D), and zinc lysinate (3 D). On day 42, physiological parameters were measured. Post-slaughter blood and liver samples were collected for biochemical analysis. Hemoglobin concentration was determined via the hemoglobincyanide method. Glucose was measured by the ortho-toluidine reaction. Leukocyte and erythrocyte counts were determined using a Goryayev chamber. Total plasma protein was analyzed using Biuret reagent. Total lipids were assessed using "Lachema" reagents. Enzymatic activity (ALT, AST, GGT, α -amylase, and ALP) was determined according to methods by Kamyshnikov V.S. and Melnychuk D.O. Catalase activity was analyzed by the method of Bach and Zubkova. Statistical processing was performed in Microsoft Excel using Student's t-test.

Results and Discussion. The study showed that hemoglobin levels and leukocyte counts in experimental groups remained unchanged compared to the control (Table 1).

Table 1

Hematological parameters of broiler chickens, $M \pm m$, $n=10$

Group	Erythrocytes, T/L	Leukocytes, g/L	Hemoglobin, g/L
K	2,65 $\pm$ 0,06	13,69 $\pm$ 2,08	118,90 $\pm$ 5,74
1 D	3,73 $\pm$ 0,13*	13,72 $\pm$ 1,83	124,92 $\pm$ 3,25
2 D	2,55 $\pm$ 0,03	13,64 $\pm$ 2,67	118,47 $\pm$ 2,85
3 D	3,25 $\pm$ 0,07*	13,86 $\pm$ 1,64	118,99 $\pm$ 4,53

* $P < 0.05$ compared to control.

Zinc methionate and lysinate were found to influence erythrocyte counts, with increases of 43 % (Group 1) and 16 % (Group 3). Zinc methionate also led to a 14 % increase in blood glucose levels. No significant changes in total lipids were detected, suggesting these zinc compounds have a less pronounced effect on lipid metabolism (Table 2).

Table 2

Metabolic parameters in broiler chicken blood plasma, $M \pm m$, $n=10$

Group	Indicator		
	Glucose, mmol/L	Total Lipids, g/L	Total Protein, g/L
K	25,30 $\pm$ 0,81	0,29 $\pm$ 0,03	39,35 $\pm$ 0,80
1 D	28,97 $\pm$ 0,73*	0,35 $\pm$ 0,03	36,13 $\pm$ 1,98
2 D	26,65 $\pm$ 0,65	0,28 $\pm$ 0,02	34,85 $\pm$ 0,86*
3 D	26,80 $\pm$ 0,74	0,31 $\pm$ 0,03	33,10 $\pm$ 1,02*

* $P < 0.05$ compared to control.

Total protein levels decreased by 12 % and 16 % in Groups 2 and 3, indicating a slight reduction in the protein-synthesizing function of the liver. While AST activity showed an upward trend, ALT and GGT activities remained at control levels.

Table 3
Enzymatic activity in the blood and plasma of broiler chickens, $\mu\text{mol/ml/h}$, $M \pm m$, $n=10$

Enzymes	Group			
	K	1 D	2 D	3 D
Catalase, g/L	53,53 $\pm$ 7,41	54,45 $\pm$ 5,86	48,67 $\pm$ 7,41	52,87 $\pm$ 6,33
AST	0,68 $\pm$ 0,03	0,72 $\pm$ 0,02	0,69 $\pm$ 0,03	0,70 $\pm$ 0,04
ALT	1,07 $\pm$ 0,01	1,07 $\pm$ 0,02	1,08 $\pm$ 0,03	1,11 $\pm$ 0,02
ALP	57,68 $\pm$ 2,49	52,30 $\pm$ 4,08	38,16 $\pm$ 3,62*	35,02 $\pm$ 3,60*
GGT	1,76 $\pm$ 0,11	1,88 $\pm$ 0,16	1,62 $\pm$ 0,07	1,75 $\pm$ 0,17
Amylase, g/h·L	12,02 $\pm$ 0,57	11,25 $\pm$ 1,86	5,26 $\pm$ 0,62*	4,27 $\pm$ 0,48*

* $P < 0.05$ compared to control.

Alkaline phosphatase (ALP) activity decreased by 34 % and 39 % in Groups 2 and 3, which may relate to the completion of active bird growth. Amylase activity also decreased significantly (by 56 % and 65 %) in these groups. Catalase and GGT activities remained unchanged across all groups.

Conclusions

1. Haematological status and erythropoiesis. It has been established that the use of organic zinc compounds stimulates the haematopoietic system. The most pronounced effect was observed in the group receiving zinc methionate (1 D), where the red blood cell count increased by 43 %. Zinc lysinate (3 D) also contributed to a significant increase in red blood cell count by 16 %. At the same time, haemoglobin levels and the leukocyte profile remained stable in all groups, indicating the absence of inflammatory processes and toxic effects of chelates on the birds' bodies.

2. Carbohydrate, lipid and protein metabolism. The administration of zinc methionate led to a 14 % increase in plasma glucose concentration, indicating an intensification of energy metabolism. In contrast, zinc glycinate (2 D) and zinc lysinate (3 D) caused a moderate decrease in total protein levels of 12–16 %, which may be associated with the redistribution of the amino acid pool to meet the needs of tissue synthesis during the final stage of growth. Total lipid levels did not undergo significant changes, confirming the neutral effect of the studied compounds on lipid metabolism.

3. Enzymatic activity and homeostasis. Specific changes in the activity of hydrolytic enzymes were observed. In the groups receiving zinc glycinate and zinc lysinate, a significant reduction in alkaline phosphatase activity (by 34% and 39%, respectively) and alpha-amylase (by 56% and 65%), which correlates with the completion of the active bone growth phase and the stabilisation of digestive processes. The absence of changes in ALT, GGT and catalase activity indicates the preservation of the functional integrity of hepatocytes and the stability of the body's antioxidant defence when inorganic zinc sulphate is replaced by its amino acid chelates.

4. Synthesised zinc chelates are more biologically active forms of the trace element compared to inorganic salts. They support physiological homeostasis and stimulate erythropoiesis, making them suitable for recommendation as effective components of premixes for broiler chickens to optimise metabolic status.

REFERENCES:

1. Медвідь С. М., Гунчак А. В., Стефанишин О. М. Вплив наноцитрату мікроелементів на інтенсивність протеїнового обміну в тканинах курчат-бройлерів та продуктивність. *Біологія тварин*. 2018. Т. 20, № 2. С. 58–64. <https://doi.org/10.15407/animbiol20.02.058>
2. Borkovskyi R. O., Berezovsky A. V. Perspectives of the use of macro- and microelements in poultry feeding. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*. 2023. Vol. 25, No. 112. P. 67–72. <https://doi.org/10.32718/nvlvet11211>
3. Sakara V. S., Melnyk A. Y., Kharchenko A. V. Preventive efficacy of trace elements chelates in poultry farming (review). *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*. 2021. Vol. 23, No. 101. P. 113–123. <https://doi.org/10.32718/nvlvet10119>
4. Alagawany M. et al. Nutritional significance of amino acids, vitamins and minerals as nutraceuticals in poultry production and health: a comprehensive review. *Veterinary Quarterly*. 2020. Vol. 41, No. 1. P. 1–29. <https://doi.org/10.1080/01652176.2020.1857887>
5. Poberezhets J. M. et al. Effectiveness of mineral supplement on productivity and hematological parameters of meat quails. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*. 2022. Vol. 24, No. 105. P. 23–29. <https://doi.org/10.32718/nvlvet10504>
6. Zhilochkina T. I. et al. Effect of the complex of microelements in the form of L-asparaginates on zootechnical parameters and morphometry of bone and muscle tissue of broiler chickens. *BIO Web of Conferences*. 2022. Vol. 48. Art. 03005. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20224803005>
7. Hunchak A. V., Stefanyshyn O. M., Sirko Y. M., Kyrlyiv B. Y., Ratych I. B. Influence of exogenous enzymes and different forms of sulfur in the diets of broiler chickens on productivity and quality of poultry products. *Біологія тварин*. 2024. Т. 26, № 4. С. 49–54. <https://doi.org/10.15407/animbiol26.04.049>
8. Abd El-Hack M. E. et al. Impacts of zinc, selenium, and vitamin E supplementation on growth performance, hematological and biochemical parameters of blood in broiler chickens. *Animals*. 2023. Vol. 13, No. 15. Art. 2539. <https://doi.org/10.3390/ani13152539>
9. Hatab M. H. et al. Effect of zinc oxide nanoparticles as feed additive on blood indices, physiological, immunological responses, and histological changes in broiler chicks. *Biological Trace Element Research*. 2024. Vol. 202. P. 2279–2293. <https://doi.org/10.1007/s12011-023-03820-y>
10. Patra A., Lalhriatpuii M. Progress and prospect of essential mineral nanoparticles in poultry nutrition and feeding: a review. *Biological Trace Element Research*. 2020. Vol. 197. P. 233–253. <https://doi.org/10.1007/s12011-019-01959-1>

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 638.1:631.363

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.3.35>

МЕДОГОНКА ХОРДІАЛЬНО-РАДІАЛЬНОГО ТИПУ: КОНСТРУКТИВНІ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ДЛЯ СУЧАСНИХ ПАСІК

Чепок Р.В. – к.пед.н.,

доцент кафедри соціальних та поведінкових наук,

Херсонський державний аграрно-економічний університет

orcid.org/0000-0002-1449-9995

Сучасний ринок меду характеризується зростанням вимог до якості, трасованості та санітарної безпечності, а також підвищенням ролі малих і середніх виробників, які формують значну частку обсягів виробництва. Одночасно реалії воєнного часу актуалізують енергоавтономність та мобільність технологічного обладнання під час переробки продуктів бджільництва (зокрема через ризики перебоїв енергопостачання). Метою дослідження є удосконалення конструкції медогонки шляхом усунення характерних недоліків хордіальних і радіальних схем відкачування, насамперед ефекту «турбулентності» в радіальних медогонках та «вертолітності» (вентиляційного ефекту), а також забезпечення універсальності використання рамок різних типорозмірів у межах одного циклу відкачування.

Запропоновано та апробовано конструкцію універсальної електричної відцентрової касетної медогонки хордіально-радіального типу з нижнім розташуванням електроприводу, фрикційним механізмом запуску/зупинки ротора та напівкришками санітарно-гігієнічного призначення.

Ключовою відмінністю є ротор, виконаний у вигляді трьох жорстко з'єднаних циліндричних і п'ятирамовних касет, що локалізують повітряні потоки всередині касет і мінімізують виникнення турбулентних завихрень, підвищуючи повноту відкачування меду.

Конструкція забезпечує одночасну роботу з рамками кількох типорозмірів (435×300; 435×230; 435×145 мм), а також стабільність при асиметрії вібрації та підвищення ергономічності.

Наведено основні технічні характеристики: висота 1350 мм; діаметр бака 1000 мм; ємність медового кармана 65 дм³; продуктивність 150 рамок/год; загальна маса 100 кг; електропривід 0,4 кВт; кількість рамок 15, пасова передача зі ступінчастими шківками.

Показано, що відхилення рамок від радіального розташування в касеті (порядку 11°) знижує ризики руйнування стільників і при цьому не погіршує ефективність відкачування в межах робочих режимів.

Новизна підтверджена корисною моделлю UA 81153 «Медогонка» (МПК A01K 59/00), що описує принципові конструктивні рішення ротора та розміщення рамок.

Ключові слова: медогонка, хордіально-радіальна схема, касета, турбулентність, «вертолітність», відцентрова сила, енергоавтономність, мобільна пасіка.

Chepok R.V. Chordal–radial type honey extractor: constructive and technological solutions for modern apiaries

The contemporary honey market is characterized by increasing requirements for product quality, traceability, and sanitary safety, alongside the growing role of small and medium-sized producers who account for a significant share of total production volumes. At the same time, the realities of wartime conditions have intensified the need for energy autonomy and mobility of technological equipment used in apicultural product processing, particularly due to the risks of power supply disruptions.

The aim of this study is to improve the design of a honey extractor by eliminating the inherent shortcomings of chordal and radial extraction schemes, primarily the “turbulence” effect typical



© Чепок Р.В., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

of radial extractors and the so-called "helicopter effect" (ventilation effect), while ensuring the universal use of frames of different standard sizes within a single extraction cycle.

A universal electric centrifugal cassette-type honey extractor of chordal-radial configuration has been designed and experimentally validated. The proposed конструкtion features a bottom-mounted electric drive, a friction-based rotor start/stop mechanism, and hygienic semi-lids intended to enhance sanitary safety during operation.

The key distinctive element is the rotor, constructed as three rigidly interconnected cylindrical five-frame cassettes. This configuration localizes airflow within each cassette and minimizes the formation of turbulent vortices, thereby improving the completeness of honey extraction.

The design enables simultaneous processing of frames of multiple standard sizes (435×300 mm; 435×230 mm; 435×145 mm), while ensuring operational stability under asymmetric loading conditions and improved ergonomic performance.

The principal technical specifications are as follows: overall height – 1350 mm; tank diameter – 1000 mm; honey sump capacity – 65 dm^3 ; productivity – 150 frames per hour; total mass – 100 kg; electric motor power – 0.4 kW; frame capacity – 15 frames; belt transmission with stepped pulleys.

It has been demonstrated that a deviation of the frames from the strictly radial position within the cassette (approximately 11°) reduces the risk of comb damage without compromising extraction efficiency within the operational speed range.

The novelty of the proposed design is confirmed by Ukrainian Utility Model Patent UA 81153 "Honey Extractor" (IPC A01K 59/00), which describes the fundamental конструктивні solutions of the rotor and frame arrangement.

Key words: honey extractor, chordal-radial configuration, cassette, turbulence, helicopter effect, centrifugal force, energy autonomy, mobile apiary, patent.

Актуальність теми дослідження. Інтенсивними темпами модернізується промислова технологія отримання продукції бджільництва, ефективність і високий рівень продуктивності якої безпосередньо залежать від впровадження сучасного технологічного обладнання на пасіках.

Постановка проблеми. Використання медогонок є критичним елементом технологічного ланцюга переробки меду на пасіках різного масштабу. Класичні рішення – хордіальні та радіальні медогонки – мають відомі технологічні обмеження. Для хордіальних медогонок характерні вимоги до щадного режиму на старті циклу (часткова відкачка з одного боку, перевертання рамок, поступове підвищення обертів), що збільшує тривалість операції та трудомісткість.

Інтенсифікація розвитку промислових технологій виробництва продукції бджільництва зумовлює необхідність системного вдосконалення технічних засобів, що застосовуються на пасіках. Забезпечення високого рівня продуктивності та стабільної якості меду є неможливим без використання сучасного технологічного обладнання, здатного оптимізувати процеси переробки сировини та мінімізувати виробничі втрати.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Застосування спеціалізованого обладнання у бджільництві має тривалу історичну традицію. Уже на початку XIX століття видатний український учений-бджоляр П. І. Прокопович сформував наукові засади бджільництва як окремої галузі аграрного виробництва. Його розробки стали фундаментом технологічної модернізації галузі: уперше у світовій практиці було сконструйовано розбірний рамковий вулик, запропоновано систему раціонального утримання бджіл, обґрунтовано методи їх штучного розведення та лікування, а також визначено принципи ефективного використання кормової бази.

Подальший розвиток теорії й практики бджільництва значною мірою пов'язаний із науковими дослідженнями та технічними рішеннями які розширили уявлення про біологічні, технологічні та економічні аспекти галузі. Праці багатьох учених стали підґрунтям для формування сучасних підходів до організації виробничих процесів на пасіках різного типу.

Проблематика впровадження новітніх технологій у сучасному бджільництві знайшла відображення у Е. Херольда, К. Вейб [1] та інших дослідників. У зазначених працях розглянуто питання модернізації пасічного обладнання, підвищення ефективності технологічних операцій та оптимізації організаційно-виробничих процесів.

На основі аналізу наукових джерел [1–5] встановлено, що на сучасному етапі виробництво меду здійснюється переважно із застосуванням медогонок хордіально-радіального типу, призначених для відкачування меду з попередньо розпечатаних стільникових рамок різних типорозмірів. Конструктивні особливості таких медогонок дозволяють реалізовувати як хордіальний спосіб (для гніздових рамок), так і радіальний спосіб відкачування (для надставкових рамок). Залежно від типу приводу медогонки поділяються на ручні та електричні. Електрифіковані моделі характеризуються значно вищою продуктивністю, проте в умовах кочових пасік їх застосування обмежене через необхідність використання автономних джерел електроживлення відповідної потужності.

Процес відкачування меду передбачає дотримання регламентованого технологічного режиму роботи обладнання. З урахуванням ступеня заповнення рамок медом початкову швидкість обертання ротора встановлюють у межах $60\text{--}100\text{ хв}^{-1}$, що забезпечує поступове видалення основної маси продукту без пошкодження стільників. Після цього швидкість обертання підвищують до $250\text{--}300\text{ хв}^{-1}$ для завершення процесу відкачування. Вибір конкретного типу медогонки здійснюється з урахуванням комплексу чинників, зокрема типу пасіки (стаціонарна чи кочова), кількості бджолосімей, конструктивних характеристик рамок, фізико-хімічних властивостей меду (в'язкість, густина) та інших технологічних параметрів.

Мета роботи: удосконалити конструкцію медогонки шляхом: (1) усунення ефекту турбулентності у радіальних схемах; (2) зменшення «вертолїтності» за рахунок конструкції кришок; (3) забезпечення універсальності рамок різних типорозмірів в одному циклі; (4) підвищення стійкості та ергономічності через перерозподіл центру мас та нижнє розміщення приводу.

Методика досліджень. У попередній статті нами представлено аналіз переваг та недоліків ручних та електричних медогонок хордіального та радіального типу. [6] Для радіальних медогонок типово проявляється ефект турбулентності повітряних потоків, який зменшує повноту видалення меду з боку завихрення та знижує технологічну надійність процесу.

Сучасні умови функціонування ринку меду додають нові вимоги до обладнання:

- **економіка малих/середніх пасік** (велика частка виробництва належить дрібним виробникам), що потребує універсальності рішень;
- **експортна орієнтація та конкуренція на ринку ЄС**, де імпортує ключову роль, а Україна посідає провідні позиції серед постачальників у галузі бджільництва;
- **енергоризики** і потреба у технологіях, придатних до роботи в умовах нестабільного енергопостачання (через вплив атак на енергосистему та загальні ризики для агровиробництва);
- **санітарна безпека та чистота обладнання**, що стимулює застосування матеріалів/конструкцій з кращою мийністю та інертністю контактних поверхонь (харчова нержавіюча сталь/харчовий алюміній тощо).

У цьому контексті актуальним є створення конструкції медогонки, яка поєднує переваги хордіальної та радіальної схем, мінімізує шкідливі аеродинамічні ефекти, підтримує різні типорозміри рамок, а також придатна до експлуатації на кочових і стаціонарних пасіках.

Дослідження виконано на основі: порівняльного аналізу типових хордіальних і радіальних медогонок; конструктивного моделювання ротора та розміщення рамок; експлуатаційної апробації конструкції з оцінкою повноти відкачування, стійкості при асиметричному завантаженні, ергономічних параметрів, а також режимів обертання.

Критичними для ефективності процесу є: відцентрова сила в зоні стільників, розподіл повітряних потоків у баку та біля рамок, а також співвідношення швидкостей (початкових і максимальних) обертання ротора.

Під час використання хордіальної медогонки (за умов густого меду, недостатньої міцності рамок або нових стільників) доцільно спочатку здійснювати відкачування лише частини меду з одного боку рамки при невеликій швидкості обертання ротора. Після цього рамки слід перевернути та продовжити відкачування з протилежного боку, поступово збільшуючи частоту обертання до максимально допустимого значення. Лише по завершенні цього етапу рамки повертають у початкове положення та остаточно видаляють залишки меду.

У разі застосування медогонки радіального типу зазначені запобіжні дії виконувати не потрібно. Водночас таким конструкціям властивий ефект турбулентності, який перешкоджає повному (100 %) видаленню меду з боку рамки, що перебуває у зоні завихрення повітряного потоку (рис. 1).

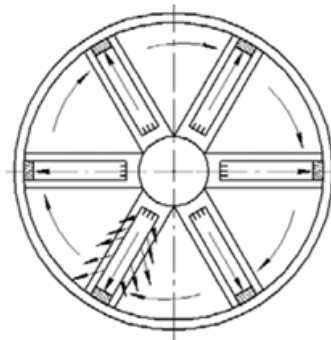


Рис. 1. Електрична хордіальна медогонка (вигляд зверху)

Стільникові рамки, розміщені поблизу осі обертання радіальної медогонки, піддаються недостатньому впливу відцентрової сили, що ускладнює повне видалення меду з комірок.

Широко відомі хордіально-радіальні медогонки, в яких стільникові рамки встановлюються за хордою або за радіусами. Вони можуть бути як ручними, так і електричними.

Відома “Портативна медогонка” (патент України № 5350 A01K 59/00, Бюл. № 7, 1994 р.), що містить опорну раму, встановлену в неї коробоподібну касету з приводним валом та зливним отвором і два спіральних опорних підшипники.

Відома “Медогонка” (патент України № 29727, МПК A01K 59/00, Бюл. № 2, 2008 р.), що містить корпус з встановленим в ньому ротором, в якому жорстко закріплені касети для стільникових рамок.

Відома “Медогонка” (патент України № 65029, МПК A01K 59/00, Бюл. № 22, 2011 р.), що містить електромеханічний привід, циліндричний бак, ротор для розміщення рамок зі стільниками, де площини цих рамок розташовані перпендикулярно вертикальній осі обертання ротора.

Найбільш близьким аналогом пристрою, що заявляється, є електрична хордіально-радіальна медогонка М4.32.РЭ (Лужнов В.Д., Павленко В.Н.), містить циліндричний корпус, в середині якого встановлено циліндричний ротор для розміщення рамок зі стільниками, при цьому площини цих рамок можуть бути розташовані за хордами або за радіусами циліндричного ротора.

Недоліками найближчого аналога є:

Недосконала конструкція ротора, що при радіальному розташуванні рамок залишає відносно велику відстань між планками рамок, наближеними до бака медогонки, що призводить до виникнення ефекту “турбулентності” як наслідок до неповного видалення меду з рамок.

Низька продуктивність відкачки меду при хордіальному розташуванні рамок (4 шт.) 70 рамок/годину.

Мала ємність медового карману (35 л), що призводить до необхідності частого зливу меду з медогонки у малі нестандартні посуд з подальшим переливом у більшу стандартну ємність, що збільшує трудомісткість виробництва.

Конструкція медогонки не передбачає використання рамок різних розмірів.

Висота медогонки (1135 мм) та низько розташований кран для зливу меду (40 мм) викликають певні незручності при завантаженні та розвантаженні стільникових рамок та зливу меду.

З перерахованих недоліків прототипу основним є наявність ефекту “турбулентності”, що супроводжує процес видалення меду з рамок.

Задачею корисної моделі є створення медогонки, в якій шляхом зміни конструкції ротора медогонки і оптимізації кількості рамок (різних за конструкцією), що одночасно відкачуються за один робочий цикл, забезпечується повне видалення меду з рамок завдяки усуненню ефекту “турбулентності” та підвищенню продуктивності її роботи.

Результати досліджень. Поставлена задача вирішується тим, що в медогонці, що містить циліндричний корпус, в середині якого встановлено ротор, який виконано осевим з трьома жорстко з’єднаними із ступицями п’ятирамковими циліндричними касетами з нержавіючої сталі, в які встановлюють медові рамки різних типорозмірів, причому три медові рамки різних типорозмірів розташовано в радіальному напрямі, а 12 рамок розташовано під заданим кутом α . При цьому кут α не співпадає з радіальним розташуванням кожної з чотирьох рамок в касеті та, як встановлено експериментально, складає приблизно 11° .

У рамках, що мають кут α неспівпадіння з радіальним розташуванням з однієї сторони, природний кут нахилу вічок (5° – 10°) співпадає з напрямком відцентрової сили і полегшує процес відкачки меду зі стільників. Ця сторона рамки звільняється від меду швидше. З іншої сторони рамки природний кут нахилу вічок не співпадає з відцентровою силою, спричиняючи додатковий тиск на стінки вічка.

На схематичному зображенні представлено вид медогонки зверху. (Рис.2) Запропонована конструкція медогонки містить корпус 1, в середині якого розміщено ротор із трьома циліндричними суцільно металевими касетами 2, в кожную з яких встановлено від однієї до п’яти рамок з різних типорозмірів.

Касети 2 встановлені під кутом 120° одна відносно іншої, жорстко з’єднані між собою.

Пристрій працює наступним чином. Бак медогонки встановлюють на опорних ніжках. Касети ротора завантажують медовими рамками з відповідними типорозмірами і закривають кришку бака. Включають електродвигун медогонки, що

знаходиться під баком на ніжках, який передає свій рух до ротора. З медових рамок, які знаходяться під дією відцентрової сили, видаляється мед, який потрапляє на стінки касет, а потім стікає в циліндричний корпус медогонки.

У запропонованій медогонці, у порівнянні з прототипом, завдяки використанню розробленої конструкції ротора з циліндричними п'ятирамковими касетами, вдалося досягти наступних переваг:

- ліквідувати ефект “турбулентності”;
- підвищити ефективність видалення меду з рамок;
- відбирати мед з рамок різних типорозмірів (435×300 мм, 435×230 мм, 435×145 мм);
- використовувати медогонку на кочових пасіках за оптимальною кількістю рамок, що відкачуються за один цикл – 15 штук.

Запропоновано конструктивне вирішення шляхом розміщення у баку трьох циліндричних п'ятирамкових касет. Практичне використання показало, що така геометрія вихорів у зоні рамок підвищує ефективність відкачування.

Механістичне пояснення: циліндрична касета виконує роль «аеродинамічного каналу», який обмежує довжину вільного пробігу повітряних потоків; локалізує вихроутворення в межах касети й зменшує «зриви потоку» на великому радіусі бака; вирівнює тиск/швидкість потоку біля поверхні стільника, зменшуючи зворотне осадження крапель меду на комірки (рис. 2).

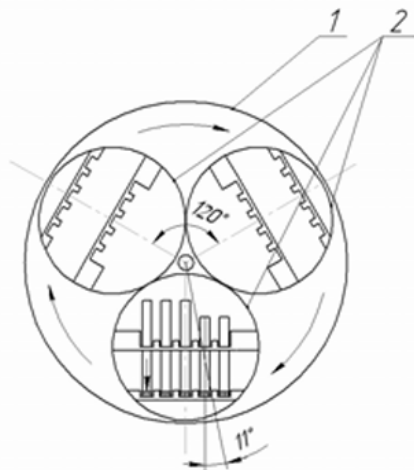


Рис. 2. Медогонка хордіально-радіального типу (вигляд зверху)

Це особливо важливо в умовах зростання вимог до якості й виходу продукту (мінімізація втрат) та конкуренції на ринках збуту. [4]

Висновки та перспективи подальших досліджень. Враховуючи переваги й недоліки різних конструкцій медогонок, нами сконструйовано та виготовлено універсальну електричну відцентрову, трьохкасетну, хордіально-радіального типу медогонку з нижнім розташуванням електроприводу, що не має таких суттєвих недоліків, як вертолїтний та турбулентний ефекти. Ефект «вертолїтності» виникає через обертання рамок без кришки, що створює циркулярні потоки повітря і додаткові навантаження подібні до лопатей вентилятора. У запропонованій

конструкції застосовано дві верхні напівкришки, розміщені на горизонтальній балці, що зменшує повітрообмін із зовнішнім середовищем і стабілізує внутрішній аеродинамічний режим.

Напівкришки виконують також санітарно-гігієнічну функцію – зменшують потрапляння пилу/часток у медову зону під час роботи на відкритих майданчиках кочових пасік, що актуально при вимогах простежуваності та безпеки.

Універсальність рамок різних типорозмірів та стійкість при асиметричному завантаженні. Суттєвим недоліком багатьох конструкцій є неможливість одночасної роботи з гніздовими та надставними рамками. Запропоноване рішення передбачає універсальне кріплення рамки в касеті, що дозволяє використовувати розміри 435×300; 435×230; 435×145 мм у межах одного циклу.

Окрема проблема – вібрація при неповному/асиметричному завантаженні. У запропонованій конструкції центр ваги знижено завдяки нижньому розташуванню приводу, що зменшує вібрації навіть під час відкачування з однією рамкою та знижує вимоги до жорсткого фундаментування.

Технічні характеристики. Основні параметри конструкції: висота 1350 мм; діаметр бака 1000 мм; ємність медового кармана 65 дм³; продуктивність 150 рамок/год; маса 100 кг; привід – пасова передача зі ступінчастими шківками.

Параметри для сучасного ринку: 0,4 кВт дає можливість роботи від малопотужних джерел (інвертор/генератор) у польових умовах, що корелює з енергетичними ризиками останніх років. [5]

1–15 рамок за цикл покриває потреби малих і середніх пасік без вимоги накопичувати великі партії рамок, що важливо для підтримання «ритму» роботи сімей і швидкого повернення рамок у вулик.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Herold E., Weiß K. Neue Imkerschule: Theoretisches und praktisches Grundwissen. – 2. Aufl. – München : Ehrenwirth, 1965. – 456 S.
2. Shimanuki H., Flottum K., Harman A. (Eds.). The ABC & XYZ of Bee Culture: An Encyclopedia of Beekeeping. – 41st ed. – Medina, OH : A. I. Root Company, 2007. – 718 p.
3. Graham J. M. (Ed.). The Hive and the Honey Bee: A New Book on Beekeeping. – Revised ed. – Hamilton, IL : Dadant & Sons, 2015. – 1328 p.
4. Honey Market Presentation https://agriculture.ec.europa.eu/document/download/c04a9774-5ba3-41f5-b256-08396b2888ec_en?filename=market-presentation-honey_spring2024_en.pdf&utm_source=chatgpt.com
5. Ukrainian Agriculture: Promoting Resilience in the Face of Upheaval https://fscluster.org/sites/default/files/2024-05/Ukrainian_Agriculture_Report_compressed.pdf?utm_source=chatgpt.com
6. Чепок Р.В., Чепок В.І., Носова І.А. Медопрес хордіально-радіального типу <https://journals.knute.edu.ua/commodities-and-markets/article/view/1360>

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 633.14:633.15:633.6:661.8:633.11

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.3.36>

ПОКРАЩЕННЯ АЕРОБНОЇ СТАБІЛЬНОСТІ КУКУРУДЗЯНОГО СИЛОСУ ЗА ДОПОМОГОЮ *LACTOBACILLUS*

Чернюк С.В. – к.с.-г.н.,

доцент кафедри безпечності

та якості харчових продуктів, сировини і технологічних процесів,

Білоцерківський національний аграрний університет

orcid.org/0000-0003-0488-3624**Крижак М.С.** – аспірант кафедри безпечності

та якості харчових продуктів, сировини і технологічних процесів,

Білоцерківський національний аграрний університет

orcid.org/0009-0007-6910-2207

Метою дослідження було оцінити вплив бактеріального інокулянту L1 та препарату L2, що містить три штами *Lactobacillus*, здатні синтезувати 1,2-пропандіол і коротколанцюгові жирні кислоти, на аеробну стабільність кукурудзяного силосу. Особливу увагу приділено змінам хімічного складу корму, інтенсивності ферментаційних процесів та збереженню поживної цінності впродовж 90-добового періоду силосування.

Результати дослідження показали, що застосування інокулянтів суттєво вплинуло на перебіг консервування. Зокрема, у варіантах із L1 та L2 відзначено зниження вмісту сухої речовини, водорозчинних вуглеводів, рівня рН та показника відновлення сухої речовини порівняно з контролем. Це свідчить про активніше використання субстратів молочнокислими бактеріями та ефективніше пригнічення небажаної мікрофлори. Водночас інокульовані зразки характеризувалися підвищенням концентрації молочної, оцтової та пропіонової кислот, що вказує на інтенсифікацію процесів бродіння та формування більш стабільного кислотного середовища.

У контрольному силосі 1,2-пропандіол і 1-пропанол не виявлялися, тоді як внесення L1 і L2 підвищувало їх вміст. Це підтверджує активність гетероферментативних штамів і їх здатність до утворення додаткових метаболітів із консервувальними та фунгістатичними властивостями. Встановлено також, що застосування L1 та L2 сприяло подовженню періоду аеробної стабільності силосу, зменшенню інтенсивності вторинного нагрівання та уповільненню розвитку дріжджів і плісневих грибів після відкриття траншеї.

Отримані результати підтверджують доцільність використання комплексних бактеріальних інокулянтів у технології заготівлі кормів, оскільки вони забезпечують крапцю збереженість поживних речовин, підвищують мікробіологічну безпечність силосу та можуть позитивно впливати на продуктивність сільськогосподарських тварин у виробничих умовах.

Ключові слова: кукурудзяний силос, аеробна стабільність бактеріальні інокулянти, *Lactobacillus*, гетероферментативні штами, ферментація, коротколанцюгові жирні кислоти, водорозчинні вуглеводи, мікробіологічна стабільність, збереження поживних речовин.

Chernyuk S. V., Kryzhak M. S. Enhancing aerobic stability of corn silage with *Lactobacillus*

The aim of the study was to evaluate the effect of the bacterial inoculant L1 and the preparation L2, containing three *Lactobacillus* strains capable of synthesizing 1,2-propanediol and short-chain fatty acids, on the aerobic stability of corn silage. Special attention was paid to changes in the chemical composition of the feed, the intensity of fermentation processes, and the preservation of nutritional value during a 90-day ensiling period. In addition, key indicators of silage quality and stability were assessed under controlled storage conditions.



© Чернюк С.В., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

The results showed that the use of inoculants significantly influenced the conservation process. In particular, silages treated with L1 and L2 demonstrated a decrease in dry matter, water-soluble carbohydrates, pH, and dry matter recovery compared to the control, indicating more active substrate utilization by lactic acid bacteria and more effective inhibition of undesirable microflora. At the same time, inoculated samples were characterized by increased concentrations of lactic, acetic, and propionic acids, reflecting intensified fermentation and the formation of a more stable acidic environment.

In the control silage, 1,2-propanediol and 1-propanol were not detected, whereas their content increased after L1 and L2 application, confirming the activity of heterofermentative strains and their ability to produce additional metabolites. The use of inoculants also extended aerobic stability, reduced secondary heating, and slowed the growth of yeasts and molds after opening, ensuring improved resistance to spoilage during storage.

The results confirm the effectiveness of bacterial inoculants for improving nutrient preservation, microbiological safety, and overall silage quality under practical conditions.

Key words: corn silage, aerobic stability, bacterial inoculants, *Lactobacillus*, heterofermentative strains, fermentation, short-chain fatty acids, water-soluble carbohydrates, microbiological stability, nutrient preservation.

Актуальність теми дослідження. Молочнокислі бактерії використовуються як основний мікробіологічний модифікатор, який може покращити хімічний склад силосу [1]. Ці бактерії можуть збільшити швидкість відновлення сухої речовини та покращити мікробіологічний стан силосу, який визначається вмістом цвілі та дріжджів [2]. Варто зазначити, що оцтова кислота, що виробляється гетероферментативними молочнокислими бактеріями, може змінювати метаболізм дріжджів та покращувати аеробну стабільність силосу. Однак гетероферментативні штами бактерій неефективно метаболізують молочну кислоту, оскільки вони споживають велику кількість енергії в цьому процесі. Це є недоліком, який призводить до більшої втрати поживних речовин [3]. Тому доцільним є використання сумішей гетероферментативних і гомоферментативних молочнокислих штамів залежно від виду силосованої рослинної сировини [4]. Як альтернативу, можна використовувати ферментні препарати, але вони дорожчі та складніші у приготуванні. Існують значні розбіжності в результатах останніх досліджень щодо типу використовуваних добавок. Вони поділяються на різні групи: «гомо-» (гомоферментативні бактерії), «гетеро-» (гетероферментативні бактерії), «комбіновані» (гомоферментативні плюс гетероферментативні бактерії) та «хімічні» (хімічні добавки) [4].

Гомоферментативні бактеріальні інокулянти ферментують водорозчинні вуглеводи в органічні кислоти, особливо молочну кислоту, яка швидко підкислює силос та пригнічує ріст небажаних бактерій. Гетероферментативні бактеріальні інокулянти ферментують водорозчинні вуглеводи в такі кислоти як оцтова та пропіонова, які пригнічують ріст грибів, що викликають псування силосної маси. Комерційно доступні інокулянти містять один або обидва типи молочнокислих бактерій. Досі мало досліджень в яких одночасно порівнювали кілька інокулянтів з хімічними добавками [6].

Останніми роками проведено численні дослідження, присвячені застосуванню селекціонованих штамів молочнокислих бактерій, зокрема *Lactobacillus buchneri*. Згідно з результатами, цей гетероферментативний штам покращує аеробну стабільність силосу. Крім того, він анаеробно розкладає молочну кислоту до оцтової кислоти та 1,2-пропандіолу. Ймовірно, 1,2-пропандіол є проміжним метаболітом, який розкладається на 1-пропанол та пропіонову кислоту *Lactobacillus diolivorans*. *Lactobacillus reuteri* може синтезувати кобаламін, який є коферментом для діолдегідратази – ферменту, що каталізує перетворення 1,2-пропандіолу на 1-пропанол та пропіонову кислоту [7].

Під час коферментації бактеріальні штами зазначених видів стимулюють синтез оцтової, пропіонової кислот та 1,2-пропандіолу, що сприяє підвищенню аеробної стабільності силосу. Результати дослідження стали підґрунтям для

розроблення бактеріальних препаратів, призначених для інтенсифікації процесу силосування відновлюваної рослинної сировини [8].

Постановка проблеми. Метою цього дослідження є визначення впливу бактеріального препарату та суміші штамів *L. buchneri* на 1,2-пропандіол та 1-пропанол, хімічний склад та аеробну стабільність кукурудзяного силосу.

Методика досліджень. 1. Рослинний матеріал. Для досліджень використовували силосні гібриди кукурудзи з високою врожайністю зеленої маси (40–70 т/га) та доброю перетравністю. Вони характеризуються значною висотою рослин, розвиненою листовою поверхнею, збалансованим вмістом крохмалю і цукрів та подовженим періодом збирання. Використано гібрид МАС 28А (MAS Seeds, FAO 270), який відзначається високою врожайністю сухої речовини, ефектом STAY GREEN і придатністю до силосування. Дослідження проводили в умовах ПРАТ ПК «Поділля» (Вінницька обл.).

Дослідження проводили в умовах ПРАТ ПК «Поділля», с. Дзигівка, Могилів-Подільський район, Вінницька область.

2. Бактеріальні препарати для консервування силосу. Для силосування застосовували два препарати: L1 (штами *Lactobacillus plantarum*, *L. brevis*, *L. buchneri*) та L2 (*L. buchneri*, *L. reuteri*, *L. dioliovorans*), концентрація – 10^9 КУО/г, доза – 5 г/т. Інокуляцію здійснювали під час подрібнення маси (1,5–2,0 см) шляхом рівномірного розпилення водного розчину.

3. Силосування та оцінка аеробної стабільності. Масу ущільнювали в траншеях і герметизували. Ферментація тривала 90 діб при $20 \pm 1^\circ\text{C}$. Аеробну стабільність визначали як час підвищення температури силосу на $\geq 2^\circ\text{C}$ відносно навколишнього середовища.

4. Мікробіологічний та хімічний аналізи. Бактерії молочнокислого бродіння культивували на агарі MRS (Oxoid) (35°C , 48 год.), дріжджі та плісняві гриби – на OGYE (Oxoid) (25°C , 5 діб).

Вміст органічних кислот, спиртів і 1,2-пропандіолу визначали газовою хроматографією. Хімічний склад визначали за ДСТУ ISO та методом Van Soest.

5. Статистичний аналіз. Дані обробляли методом GLM, достовірність оцінювали за тестом Тьюкі.

Результати досліджень. Основні показники хімічного складу силосованого кукурудзяного корму, а також чисельність молочнокислих бактерій, дріжджів та пліснявих грибів наведені в таблиці 1. Ця таблиця дозволяє наочно порівняти вплив різних методів обробки та інокуляції на якість корму.

Таблиця 1

Хімічний склад та кількість мікроорганізмів у зеленому кормі кукурудзи перед силосуванням

Показник	Значення
Суха речовина, (г/кг)	403
pH	5,65
Сирий протеїн, (г/кг)	94,
Водорозчинні вуглеводи (г/кг)	74,8
LAB log КУО г ⁻¹	6,9
Дріжджі, log КУО г ⁻¹	7,5
Плісняві гриби КУО г ⁻¹	6,4

У таблиці 2 наведено детальний хімічний склад силосу та чисельність мікроорганізмів після 90 днів ферментації. Аналіз показав, що концентрація сухої

речовини та вміст сухої речовини в силосі, обробленому бактеріальними інокулянтами L1 та L2, були значно нижчими ($P < 0,05$) порівняно з контрольними зразками, що не отримували інокуляції. Інокульовані зразки також демонстрували значно нижчі значення рН та зниження індексу відновлення сухої речовини ($P < 0,05$), що свідчить про активну ферментаційну діяльність доданих штамів.

Вміст молочної кислоти (LA), оцтової кислоти (AA) та пропіонової кислоти (PA) у силосі з інокуляцією виявився значно вищим ($P < 0,05$) порівняно з контролем, що підтверджує ефективність використаних бактеріальних культур у покращенні процесу бродіння. При цьому внесення інокулянтів не справляло суттєвого впливу на концентрацію етанолу та сирого протеїну (CP) ($P > 0,05$), що свідчить про специфічну дію штамів на органічні кислоти, не порушуючи загальний вміст поживних речовин.

Інокуляція сумішами штамів *Lactobacillus* спричинила значне ($P < 0,05$) збільшення чисельності молочнокислих бактерій та одночасне зменшення ($P < 0,05$) популяцій дріжджів і плісняви, підвищуючи мікробіологічну стабільність силосу. У контрольних зразках 1,2-пропандіол та 1-пропанол не визначалися, тоді як додавання L1 та L2 значно підвищувало їх концентрації ($P < 0,05$). При цьому вміст 1,2-пропандіолу та 1-пропанолу в силосі з інокуляцією L2 був відносно на 62% та 75% вищим, ніж у силосі з інокуляцією L1, що демонструє більшу ефективність комбінації штамів L2 у стимулюванні синтезу низькомолекулярних спиртів.

Таким чином, результати дослідження свідчать, що бактеріальні інокулянти не лише модифікують хімічний склад силосу, підвищуючи концентрацію органічних кислот, але й впливають на мікробіологічну структуру, збільшуючи чисельність молочнокислих бактерій та пригнічуючи розвиток дріжджів і плісняви, а також стимулюють утворення 1,2-пропандіолу та 1-пропанолу, особливо при використанні штамів L2.

Таблиця 2

Вплив інокуляції різними штамами *Lactobacillus* на якість, хімічний склад та кількість мікроорганізмів у кукурудзяному силосі

Показник	Контроль	Дослід 1	Дослід 2
Суха речовина, (г/кг)	383	369	371
рН	4,10	3,96	3,72
Сирий протеїн, (г/кг ⁻¹)	92,5	92,0	91,8
Водорозчинні вуглеводи сухої речовини (г/кг ⁻¹)	42,5	36,3	32,1
LA, %	5,1	6,7	6,8
AA, %	0,9	2,5	3,0
PA, % СУ	0	0,9	1,3
1,2-Пропандіол, % DM	0	0,49	1,4
1-Пропанол, % DM	0	0,17	0,7
Етанол, % DM	0,8	0,6	0,7
Відновлення сухої речовини (г/кг сухої речовини)	94,92	91,32	92,00
LAB, log КУО г ⁻¹	6,50	8,31	8,38
Дріжджі, log КУО г ⁻¹	5,01	4,15	3,86
Плісняві гриби, log КУО г ⁻¹	5,09	5,00	4,60

У таблиці 3 показано зміни хімічного та мікробіологічного складу силосу після впливу кисню. Інокуляція штамами L1 і L2 уповільнила підвищення рН, що свідчить про кращу аеробну стабільність.

У зразках з інокуляцією відмічено вищий вміст оцтової та пропіонової кислот і дещо нижчий рівень молочної кислоти, що вказує на зміну напрямку ферментації під час аерації. Кількість молочнокислих бактерій була вищою, тоді як дріжджі та плісняві гриби – нижчою порівняно з контролем.

У контрольних зразках після аерації 1,2-пропандіол і 1-пропанол не виявлялися, тоді як у силосах з L1 та L2 їх рівень залишався стабільним.

Отже, інокулянти L1 і L2 підвищують аеробну стабільність силосу, підтримуючи активність LAB, органічні кислоти та пригнічуючи небажану мікрофлору.

Таблиця 3

Хімічний склад та кількість мікроорганізмів у кукурудзяному силосі після тесту на аеробну стабільність

Показник	Контроль	Дослід 1	Дослід 2
pH	6,3	5,01	4,97
LA, %	5,2	5,6	4,4
AA, %	1,8	3,4	4,8
PA, % СУ	0	0,75	1,0
1,2-Пропандіол, % DM	0	0,5	1,4
1-Пропанол, % DM	0	0,2	0,7
LAB, log KYO г ⁻¹	6,02	8,01	8,1
Дріжджі, log KYO г ⁻¹	8,4	7,17	6,18
Плісняві гриби, log KYO г ⁻¹	7,2	6,2	5,03

На рисунку 1 наведено динаміку зміни температури під час визначення аеробної стабільності силосу. Інокуляція сумішами L1 та L2 значно подовжила час збереження стабільності силосу. У контрольному зразку температура підвищилася на 2°C протягом 72 годин, тоді як інокульовані силоси демонстрували значно триваліший період стабільності: 103 години для L1 та 102 години для L2. Це свідчить про ефективність бактеріальних інокулянтів у підтримці аеробної стабільності та пригніченні небажаної мікрофлори під час контакту силосу з киснем.

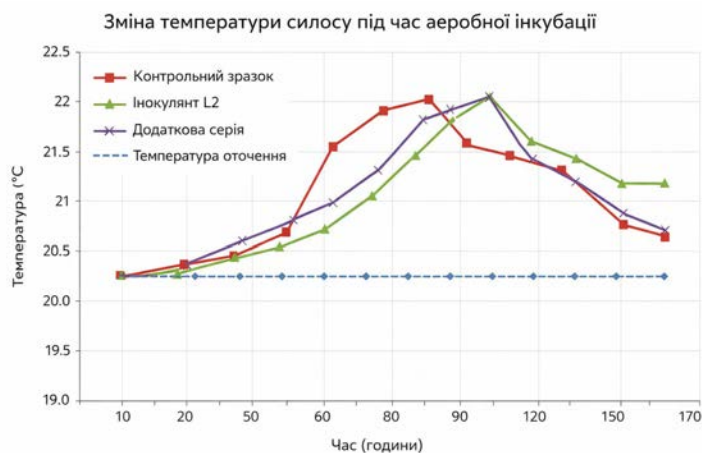


Рис. 1. Зміна температури кукурудзяного силосу під час випробування на аеробну стабільність

Згідно з дослідженням [12], під час контакту силосу з повітрям підвищуються рН і температура через доступ кисню.

Штами *Lactobacillus* застосовують для підвищення аеробної стабільності силосу. У нашій роботі порівнювали комерційний препарат і суміш гетероферментативних штамів *L. buchneri*, *L. dioliovorans* та *L. reuteri*. Подібні ефекти синергії між штамми описані в літературі [13]. Ці бактерії здатні перетворювати 1,2-пропандіол на пропіонову кислоту та 1-пропанол [14].

Попередні дослідження [15] показали, що *L. buchneri* підвищує рівень оцтової кислоти та 1,2-пропандіолу і знижує вміст молочної кислоти. Наші результати це підтверджують, хоча надлишок оцтової кислоти може погіршувати смак корму.

Також повідомлялося [15], що *Lactobacillus* знижують рН і вміст водорозчинних речовин, що частково узгоджується з нашими даними, хоча в інших роботах фіксували інші тенденції щодо кислот.

Під час аеробної інкубації в інокульованих зразках зростала оцтова кислота та знижувалася молочна, що супроводжувалося зменшенням рН. Інокулянти не вплинули на вміст сирого протеїну (СР), хоча в окремих дослідженнях відзначали його підвищення.

Також *Lactobacillus* зменшували чисельність дріжджів і плісняви, причому L2 був найефективнішим. Антигрибковий ефект залежить від умов ферментації, складу субстрату та рН.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Дослідження показали, що силоси з *Lactobacillus* мали вищу аеробну стабільність порівняно з контролем. Це пов'язано з підвищеним вмістом оцтової та пропіонової кислот, зниженням рН і пригніченням дріжджів та плісняви, що зменшувало вторинне нагрівання і втрати поживних речовин.

У зразках з гетероферментативними штамми також спостерігали накопичення 1,2-пропандіолу та 1-пропанолу, що відображає активність специфічних шляхів ферментації. Перетворення 1,2-пропандіолу на пропіонову кислоту посилює антимікробний ефект.

Отримані результати свідчать, що комбіновані культури *Lactobacillus* можуть діяти синергічно, покращуючи стабільність і гігієнічну якість силосу та зменшуючи ризик мікотоксинів.

Отже, використання сумішей гетероферментативних штамів є перспективним напрямом удосконалення силосування, особливо за умов можливого контакту з киснем.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Weinberg Z.G., Muck R.E., Weimer P.J. The survival of silage inoculant lactic acid bacteria in rumen fluid. J Appl Microbiol. 2003; 94(6):1066-71. doi: 10.1046/j.1365-2672.2003.01942.x. PMID: 12752816.
2. Dehghani M.R., Weisbjerg M.R., Hvelplund T., Kristensen N.B. Effect of enzyme addition to forage at ensiling on silage chemical composition and NDF degradation characteristics. Livest Sci. 2012; 150:51-58. doi.org/10.1016/j.livsci.2012.07.031.
3. Filya I. The effect of *Lactobacillus buchneri*, with or without homofermentative lactic acid bacteria, on the fermentation, aerobic stability and ruminal degradability of wheat, sorghum and maize silages. J Appl Microbiol. 2010; 95:1080-6. doi: 10.1046/j.1365-2672.2003.02081.x.
4. Kleinschmit D.H., Kung Jr L. The effects of *Lactobacillus buchneri* 40788 and *Pediococcus pentosaceus* R1094 on the fermentation of corn silage. J Dairy Sci. 2006 b;89:3999-4004. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(06)72443-2.

6. Queiroz O.C.M., Arriola K.G., Daniel J.L.P., Adesogan A.T. Effects of 8 chemical and bacterial additives on the quality of corn silage. *J. Dairy Sci.* 2013; 96:5836–43. doi: 10.3168/jds.2013-6691.
7. Toraya T. The structure and mechanism of action coenzyme B12 dependent diol dehydratase. *J. Mol Catal B. Enzym.* 2011; 10:87–106.
8. Zielinska K., Fabiszewska A., Swiatek M., Szymanowska-Powalowska D. Evaluation of the ability to metabolize 1,2-propanediol by heterofermentative bacteria of the genus *Lactobacillus*. *Electron J Biotechnol.* 2017; 26:60–63.
9. ДСТУ ISO 6496:2005. Корми для тварин. Визначення вмісту вологи та інших летких речовин (ISO 6496:1999, IDT). Київ: Держспоживстандарт України, 2006. 7 с.
10. ДСТУ EN ISO 5983-1:2022. Корми для тварин. Визначення вмісту азоту та розрахунок вмісту сирого протеїну. Частина 1: Метод К'ельдаля (EN ISO 5983-1:2005, IDT). Київ: Держспоживстандарт України, 2023. 10 с.
11. ДСТУ ISO 6865:2004. Корми для тварин. Визначення вмісту сирого клітковини методом проміжного фільтрування (ISO 6865:2000, IDT). Київ: Держспоживстандарт України, 2006. 9 с.
12. Van Soest, P.J., Robertson, J.B., & Lewis, B.A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74, 3583–3597.
13. Muck R.E., Nadeau E.M.G., McAllister T.A., Contreras-Govea F.E., Santos M.C., Kung Jr L. Silage review: recent advances and future uses of silage additives. *J Dairy Sci.* 2017; 101:3980–4000. doi: 10.3168/jds.2017-13839.
14. Driehuis F., Oude Elferink S.J., Van Wikselaar P.G. Fermentation Characteristics and aerobic stability of grass silage inoculated with *Lactobacillus buchneri*, with or without homofermentative lactic acid bacteria. *Grass Forage Sci.* 2001; 56:330–43
15. Oliveira A.S., Weinberg Z.G., Ogunade I.M., Cervantes A.A.P., Arriola K.G., Jiang Y., et al. Meta-analysis of effects of inoculation with homofermentative and facultative heterofermentative lactic acid bacteria on silage fermentation, aerobic stability, and the performance of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 2017; 100:4587–603. doi: 10.3168/jds.2016-11815.

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 636.2.034:575.1

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.3.37>

ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ СПАДКОВИХ ЧИННИКІВ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ КОРІВ УКРАЇНСЬКОЇ ЧОРНО-РЯБОЇ МОЛОЧНОЇ ПОРОДИ В УМОВАХ СУЧАСНОЇ МОДЕЛІ ВІДТВОРЕННЯ

Шелест І.Р. – аспірант кафедри генетики і розведення тварин,
Львівський національний університет ветеринарної медицини
та біотехнологій імені С. З. Гжицького
orcid.org/0009-0002-2436-985X

Музика Л.І. – к.б.н.,
доцент кафедри генетики і розведення тварин,
Львівський національний університет ветеринарної медицини
та біотехнологій імені С. З. Гжицького
orcid.org/0000-0002-9017-4500

Романів Л.І. – к.с.-г.н.,
асистент кафедри технології виробництва та переробки продукції
тваринництва,
Львівський національний університет ветеринарної медицини
та біотехнологій імені С. З. Гжицького
orcid.org/0009-0007-8197-2184

Метою дослідження є обґрунтування теоретичних і прикладних засад оцінювання впливу спадкових чинників на рівень молочної продуктивності, відтворної здатності та господарської цінності корів української чорно-рябої молочної породи в умовах сучасної моделі відтворення. Об'єктом дослідження являється процес формування і реалізації продуктивних ознак корів української чорно-рябої молочної породи під впливом спадкових чинників у поєднанні з організаційно-технологічними особливостями відтворення стада. В роботі розкрито наукове і практичне значення оцінювання впливу спадкових чинників на продуктивність корів української чорно-рябої молочної породи в умовах сучасної моделі відтворення. Обґрунтовано, що в сучасному молочному скотарстві рівень продуктивності тварин визначається не лише умовами годівлі, утримання та ветеринарного супроводу, а передусім спадковими передумовами, які формують потенціал надою, якісні характеристики молока, відтворну здатність, адаптаційну стійкість та тривалість господарського використання корів. Встановлено, що українська чорно-ряба молочна порода посідає вагоме місце у вітчизняному тваринництві, тому оцінювання спадкової зумовленості її продуктивних ознак набуває особливої ваги для підвищення ефективності племінної роботи та формування конкурентоспроможного стада. Узагальнено, що спадкові чинники проявляються через походження тварин, лінійну та родинну належність, рівень племінної цінності бугаїв-плідників, поєднання генотипів, а також через стабільність передавання господарсько корисних ознак потомству. Доведено, що оцінювання продуктивності повинно охоплювати не лише величину надою, а й вміст жиру та білка в молоці, вік першого осіменіння, сервіс-період, міжотельний інтервал, продуктивне довголіття та здатність до стабільної реалізації генетичного потенціалу в різних виробничих умовах.

Ключові слова: оцінювання, спадкові чинники, молочна продуктивність, корови, українська чорно-ряба молочна порода, відтворення стада, селекція, племінна цінність, генотип, продуктивне довголіття, відтворна здатність, молочне скотарство.



© Шелест І.Р., Музика Л.І., Романів Л.І., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Shelest, I. Muzyka L., Romaniv L. Evaluation of the influence of hereditary factors on the productivity of Ukrainian Black-and-White dairy cows under the conditions of a modern reproduction model

The purpose of the study is to substantiate the theoretical and applied principles of assessing the influence of hereditary factors on the level of milk productivity, reproductive ability and economic value of cows of the Ukrainian black-and-white dairy breed in the conditions of a modern reproduction model. The object of the study is the process of formation and implementation of productive traits of cows of the Ukrainian black-and-white dairy breed under the influence of hereditary factors in combination with organizational and technological features of herd reproduction. The work reveals the scientific and practical significance of assessing the influence of hereditary factors on the productivity of cows of the Ukrainian black-and-white dairy breed in the conditions of a modern reproduction model. It is substantiated that in modern dairy cattle breeding the level of animal productivity is determined not only by the conditions of feeding, maintenance and veterinary support, but primarily by hereditary prerequisites that form the potential for milk yield, quality characteristics of milk, reproductive ability, adaptive stability and duration of economic use of cows. It has been established that the Ukrainian black-and-white dairy breed occupies a significant place in domestic livestock breeding, therefore, the assessment of the hereditary determination of its productive traits is of particular importance for increasing the efficiency of breeding work and forming a competitive herd. It is generalized that hereditary factors are manifested through the origin of animals, linear and family affiliation, the level of breeding value of bulls-sprouts, the combination of genotypes, as well as through the stability of the transmission of economically useful traits to offspring. It is proved that the assessment of productivity should cover not only the amount of milk yield, but also the fat and protein content in milk, the age of first insemination, the service period, the intercalary interval, productive longevity and the ability to stably realize genetic potential in different production conditions.

Key words: *assessment, hereditary factors, milk production, cows, Ukrainian black and white dairy breed, herd reproduction, selection, breeding value, genotype, productive longevity, reproductive capacity, dairy cattle breeding.*

Постановка проблеми. Актуальність теми зумовлена тим, що молочне скотарство в нашій країні постає однією з базових складових аграрного виробництва, а рівень продуктивності корів безпосередньо впливає на економічну стійкість господарств, собівартість молока, рентабельність племінної роботи та продовольчу безпеку. У таких умовах особливого значення набуває саме оцінювання впливу спадкових чинників, оскільки вони формують біологічний потенціал тварини, її здатність до реалізації високих надоїв, відтворної спроможності, тривалого господарського використання та адаптації до змін внутрішнього і зовнішнього виробничого середовища. Українська чорно-ряба молочна порода являється однією з найбільш поширених у вітчизняному тваринництві, тому встановлення сили та напряму впливу генетично зумовлених ознак на її продуктивність надає можливість більш обґрунтовано формувати селекційні підходи, добирати батьківські пари, прогнозувати продуктивні якості потомства та знижувати ризик закріплення небажаних спадкових особливостей.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У вітчизняній науковій літературі проблема оцінювання впливу спадкових чинників на продуктивність корів української чорно-рябої молочної породи розкривається переважно через 2 взаємопов'язані напрями, а саме через аналіз генетичної зумовленості молочної продуктивності та через вивчення відтворних показників, які або посилюють, або обмежують реалізацію спадкового потенціалу [1-10]. До прикладу, Л. М. Хмельничий і В. В. Вечорка [1] розглядають цю проблему на матеріалі племінних стад, акцентуючи увагу на належності тварин до лінії та на умовній кровності поліпшувальної породи. Автори доводять, що молочна продуктивність корів істотно варіює залежно від генетичних чинників, а найвищі показники надою виявлено у тварин із високою часткою голштинської спадковості. Важливим продовженням

цього напрямку являється праця Д. О. Бардаша [2], у якій увагу зосереджено вже не лише на факті генетичного впливу, а на його кількісному оцінюванні через популяційно-генетичні параметри ознак молочної продуктивності. Автор досліджує успадковуваність, кореляційну мінливість і повторюваність надою, вмісту жиру та загального виходу молочного жиру у корів українських червоно-рябої та чорно-рябої молочних порід. Проблему лінійної диференціації стада окремо досліджують А. М. Дідківський та І. В. Ковальчук [3], які показують, що корови-первістки різних ліній української чорно-рябої молочної породи відрізняються між собою і за молочною продуктивністю, і за відтворною здатністю. Такий підхід є принципово важливим, оскільки він зміщує акцент із загального породного рівня на внутрішньопородну неоднорідність, яка не рідко визначає реальну ефективність селекційної роботи в господарстві. У цьому ж векторі працюють І. В. Новак, В. В. Федорович, О. М. Кріп, Є. І. Федорович і Г. Г. Гудима [4], які вивчають показники відтворювальної здатності та їх зв'язок з молочною продуктивністю корів української чорно-рябої молочної породи різних генотипів. Найбільш прикладний аспект цієї проблематики розкриває Л. В. Ференц [5], яка досліджує показники відтворювальної здатності корів української чорно-рябої молочної породи та їх вплив на рівень молочної продуктивності в умовах Прикарпаття.

Мета досліджень. Метою дослідження є обґрунтування теоретичних і прикладних засад оцінювання впливу спадкових чинників на рівень молочної продуктивності, відтворної здатності та господарської цінності корів української чорно-рябої молочної породи в умовах сучасної моделі відтворення. Об'єктом дослідження являється процес формування і реалізації продуктивних ознак корів української чорно-рябої молочної породи під впливом спадкових чинників у поєднанні з організаційно-технологічними особливостями відтворення стада.

Результати досліджень. Для молочної продуктивності успадковуваність зазвичай є помірною або вищою, тоді як для більшості відтворних ознак вона низька, тому їхній прояв значно сильніше залежить від поєднання генетики з умовами утримання, годівлі, ветеринарного супроводу та організації осіменіння. У сучасних дослідженнях для молочних корів показано, що оцінки успадковуваності продуктивних ознак можуть коливатися приблизно в межах від 0,13 до 0,63, тоді як для відтворних ознак вони часто залишаються на рівні 0,01–0,10 або близько 0,09–0,11. Разом із цим у молочному скотарстві фертильність найчастіше визначають через швидкість настання тільності після отелення та кількість осіменінь, необхідних для запліднення, а одним з головних інтегральних показників виступає тривалість періоду від отелення до настання тільності (табл.1).

У молочному скотарстві відтворення вже не обмежується природним паруванням і простим обліком отелень. Воно включає планування віку першого осіменіння, синхронізацію статевих циклів, контроль фізіологічного стану після отелення, використання штучного осіменіння, цифровий облік родоводів і результатів лактацій, а також оцінювання племінної цінності на базі сукупності господарсько корисних ознак. На міжнародному рівні підкреслюється, що для побудови дієвої програми поліпшення породи необхідні оцінки генетичних і фенотипових параметрів ознак та визначення ваги кожної ознаки у селекційній меті. Водночас дослідники сучасної фертильності корів наголошують, що одна й та сама відтворна ознака може проявлятися по-різному залежно від інтенсивності репродуктивного менеджменту (табл.2).

Таблиця 1

**Базові спадкові складові формування продуктивності корів
української чорно-рябої молочної породи**

Спадковий чинник	Як він проявляється у стаді	Чому він є ключовим для оцінювання
Походження за батьківською лінією	Бугаї-плідники передають дочкам різну здатність до формування надою, вмісту жиру й білка в молоці, тривалості лактації, швидкості молоковіддачі та стійкості до виробничого навантаження. За однакових умов утримання саме батьківська складова не рідко пояснює різницю між групами дочок за економічно важливими ознаками	Оцінювання походження за батьком надає можливість виявити, які поєднання генів підтримують не лише високий разовий результат, а й стабільне відтворення продуктивності в наступних поколіннях. Для сучасної моделі відтворення це особливо важливо, оскільки штучне осіменіння швидко поширює як бажані, так і небажані спадкові особливості
Лінійна належність	Належність до певної генеалогічної лінії відображається у типі розвитку тварини, напрямі продуктивності, міцності конституції, формі вимені, темпах відтворення та здатності до довшого господарського використання. У межах породи саме лінії часто формують відмінності між стадами	Аналіз лінійної структури надає можливість переходити від оцінювання окремої корови до оцінювання спадкової системи в цілому. Таким чином, це формує підґрунтя для довгострокового селекційного управління, а не лише для короткострокового добору найпродуктивніших тварин
Родинна належність по материнській стороні	Материнські родини не рідко відображають стійкість ознак, пов'язаних із перебігом лактації, життєздатністю потомства, легкістю отелення, довголіттям та відтворною надійністю. Саме в родинках закріплюються поєднання ознак, які не завжди видно за одним показником надою	Родинний аналіз допомагає оцінити, чи є висока продуктивність разовим проявом, чи результатом стійкої спадкової комбінації. Для сучасної моделі відтворення це надзвичайно важливо, бо ефективність стада залежить не лише від рекордисток, а від масиву корів із передбачуваною продуктивністю
Частка спадковості поліпшувальної породи	У породі присутні тварини з різною часткою голштинської спадковості, і це пов'язано зі змінами надою, кількості молочного жиру, реакції на інтенсивну технологію та продуктивного довголіття. В окремих дослідженнях найвищі надої фіксувалися у найбільш висококровних за голштинською породою груп	Оцінювання цієї складової дозволяє не переоцінювати сам факт високої кровності, а співвідносити її з конкретними виробничими наслідками. При такого роду умовах важливо зберегти баланс між зростанням надою, відтворною здатністю та адаптаційною стійкістю стада

Сформовано авторами

Таблиця 2

**Система показників, через які доцільно оцінювати вплив
спадкових чинників на продуктивність і відтворення**

Показник	Що саме він відображає
Нарахований надій за лактацію	Відображає загальну здатність корови реалізувати молочний потенціал упродовж завершеної лактації. За цим показником видно не лише рівень секреції молока, а й витривалість організму до виробничого навантаження
Вміст жиру і білка в молоці	Відображає якісну сторону молочної продуктивності. Для господарства це безпосередньо пов'язано з переробною цінністю молока та економічною віддачею від кожної корови
Вік першого осіменіння і першого отелення	Характеризує швидкість статевого та господарського дозрівання телиць, рівень готовності до входження у виробничий цикл та майбутню економіку вирощування ремонтного молодняку
Сервіс-період і міжотельний інтервал	Показують, наскільки швидко корова повертається до нового відтворного циклу після отелення. За цими індикаторами видно функціональну рівновагу між молочною продуктивністю та репродуктивною здатністю
Продуктивне довголіття	Відображає кількість лактацій, упродовж яких корова зберігає господарську цінність, не вибуваючи через хвороби, проблеми відтворення або різке падіння продуктивності

Сформовано авторами

Продуктивність і відтворна здатність суттєво варіюють залежно від генотипу, лінійної належності та поєднання спадкових компонентів, причому моніторинг окремих ліній і їх поєднань у конкретних господарствах визнається необхідною умовою бажаного селекційного результату. В окремих племінних вибірках найбільш висококровні за голштинською породою групи мали найвищий надій, але це не означає, що просте нарощування частки поліпшувальної спадковості автоматично вирішує всі проблеми стада. Дослідники репродуктивної ефективності молочних корів також наголошують, що зв'язок між молочною продуктивністю і відтворною функцією не є абсолютно однаковим у всіх умовах, а залежить від фізіологічних, управлінських і генетичних чинників (табл. 3).

Таблиця 3

**Вплив сучасної моделі відтворення на підходи
до оцінювання спадкових чинників**

Складова сучасної моделі відтворення	Її зміст у виробничій практиці	Наслідок для селекційного оцінювання
Масове використання штучного осіменіння	Один плідник може залишити дуже велику кількість дочок у різних стадах, тому його спадковий вплив швидко поширюється в популяції. За належного обліку це надає великі можливості для порівняння потомства	Значущість оцінки бугаїв різко зростає, оскільки помилка у виборі плідника матиме масштабні наслідки для всього стада. Разом із цим зростає потреба контролю спорідненості та недопущення надмірного звуження генетичної бази

Продовження таблиці 3

Складова сучасної моделі відтворення	Її зміст у виробничій практиці	Наслідок для селекційного оцінювання
Інтенсивний контроль після отелення	У сучасному стаді систематично відстежують відновлення репродуктивної функції, фізіологічний стан матки, настання охоти, час осіменіння та результати запліднення	Такі дані надають можливість розділити генетично зумовлені проблеми від суто технологічних. Відтак, оцінювання спадкових чинників стає точнішим, бо ґрунтується на деталізованому масиві інформації, а не лише на факті наявності або відсутності тільності
Цифровий племінний облік	Родоводи, результати лактацій, показники якості молока, вік першого отелення та інші дані накопичуються у базах, що дозволяє зіставляти тварин між собою в динаміці	Завдяки цьому селекційне рішення спирається на реальні повторювані закономірності, а не на враження від окремих тварин. Саме цифровий облік перетворює спадкову оцінку на керований інструмент підвищення продуктивності
Багатознаковий добір	Сучасна селекція відходить від орієнтації тільки на надій і включає відтворення, довголіття, здоров'я вимені, технологічну придатність та якість молока	Продуктивність корови необхідно оцінювати як сукупний господарський результат. Інакше висока молочність може супроводжуватися погіршенням відтворної здатності та передчасним вибуттям зі стада
Економічна орієнтація відбору	У сучасних програмах мета селекції формується не лише біологічно, а й економічно. Кожна ознака оцінюється через її внесок у дохід, витрати та стійкість виробничого циклу	Відтак, спадкові чинники оцінюють не ізольовано, а через їхній внесок у кінцевий результат. Найціннішим стає не просто генотип із найвищим надоем, а генотип із найбільшою довгостроковою господарською ефективністю

Сформовано авторами

Сучасна модель відтворення у молочному скотарстві ґрунтується на поєднанні селекційних, біотехнологічних, організаційно-економічних і технологічних рішень, у межах яких результативність відтворення вже не може розглядатися окремо від спадкової основи продуктивності. Таким чином, це дослідження надає можливість поєднати оцінювання генетичних передумов із практикою управління стадом, оскільки рівень спадкової зумовленості молочної продуктивності, відтворних якостей, життєздатності телят і тривалості господарського використання корів визначає ефективність усієї системи відтворення. При такого роду умовах особливо важливо враховувати, що інтенсивне використання окремих ліній, зміна структури стада, поширення штучного осіменіння та орієнтація на швидке підвищення надоїв не рідко супроводжуються звуженням генетичної бази і зростанням суперечностей між продуктивністю та відтворною здатністю.

Висновки. Таким чином, оцінювання впливу спадкових чинників на продуктивність корів української чорно-рябої молочної породи в умовах сучасної моделі відтворення являється важливою складовою формування науково обґрунтованої селекційної політики, оскільки саме спадкова зумовленість продуктивних, відтворних і адаптаційних ознак надає можливість підвищувати молочну віддачу стада, зберігати відтворну здатність тварин, подовжувати тривалість їх господарського використання та забезпечувати економічну результативність молочного скотарства при такого роду умовах, коли успіх виробництва визначається не лише рівнем надоїв, а й стійкістю генотипу до інтенсивних технологій утримання, відтворення та племінного добору.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Хмельничий Л. М., Вечорка В. В. Формування ознак молочної продуктивності корів української чорно-рябої молочної породи під впливом генетичних чинників. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Тваринництво». 2019. Вип. 3 (38). С. 62–72.
2. Бардаш Д. О. Популяційно-генетичні параметри ознак молочної продуктивності корів українських червоно-рябої та чорно-рябої молочних порід. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Тваринництво». 2019. Вип. 3 (38). С. 73–77.
3. Дідківський А. М., Ковальчук І. В. Молочна продуктивність та відтворні якості корів різних ліній української чорно-рябої молочної породи. Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького. 2010. Т. 12, № 2 (44), ч. 3. С. 69–72.
4. Новак І. В., Федорович В. В., Кріп О. М., Федорович Є. І., Гудима Г. Г. Показники відтворювальної здатності та їх вплив на формування молочної продуктивності корів української чорно-рябої молочної породи. Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького. Серія «Сільськогосподарські науки». 2010. № 2–3 (44). С. 149–158.
5. Ференц Л. В. Показники відтворювальної здатності корів української чорно-рябої молочної породи та їх вплив на молочну продуктивність. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2016. Вип. 59. С. 230–239.
6. Кузів М. І., Федорович Є. І. Відтворювальна здатність корів української чорно-рябої молочної породи. Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького. 2016. Т. 18, № 2 (67). С. 120–123.
7. Казьмірук Л. В. Молочна продуктивність корів української чорно-рябої молочної породи в умовах прив'язного та безприв'язного утримання. Аграрна наука та харчові технології. 2019. Вип. 1 (104). С. 110–118.
8. Ведмеденко О. В. Оцінка молочної продуктивності корів української чорно-рябої молочної породи різних ліній та бугаїв-плідників. Таврійський науковий вісник. Серія «Сільськогосподарські науки». 2022. Вип. 124. С. 127–133.
9. Шуляр А. Л. Продуктивне довголіття корів української чорно-рябої молочної породи залежно від спадкових факторів. Розведення і генетика тварин. 2019. Вип. 57. С. 152–158.
10. Климковецький А. А., Носевич Д. К. Формування молочної продуктивності та особливості довічного використання корів української чорно-рябої молочної породи в умовах господарств Київської області. Animal Science and Food Technology. 2020. Т. 11, № 1. С. 33–42.

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

МЕЛІОРАЦІЯ І РОДЮЧІСТЬ ҐРУНТІВ

MELIORATION AND SOIL FERTILITY

УДК 631.452:630*232.2

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.3.38>

ВПЛИВ ПОЛЕЗАХИСНИХ ЛІСОСМУГ НА ЗБЕРЕЖЕННЯ РОДЮЧОСТІ ҐРУНТІВ

Панкова С.О. – доктор філософії з агрономії,
старший викладач кафедри лісового та садово-паркового господарства,
факультету екології, лісового та садово-паркового господарства,
Навчально-науковий інститут агротехнологій та природокористування
Вінницького національного аграрного університету
orcid.org/0000-0002-5975-5251

У статті розкрито екологічну та ґрунтозахисну роль полезахисних лісосмуг у контексті збереження та відновлення родючості ґрунтів сільськогосподарських угідь. Актуальність дослідження зумовлена стрімким погіршенням стану земельних ресурсів в Україні внаслідок інтенсивного землеробства, кліматичних змін та антропогенного тиску. Одним із найбільш ефективних природоорієнтованих рішень для стабілізації екосистем агроландшафтів є створення й належне утримання полезахисних лісосмуг.

Метою роботи є аналіз механізмів впливу лісосмуг на фізико-хімічні властивості ґрунту та обґрунтування їх значення для запобігання деградації ґрунтового покриву. У межах дослідження розглянуто функції лісосмуг як біологічного бар'єра, що знижує силу вітру, затримує поверхневий стік води, зменшує ерозійні процеси та сприяє відновленню структури орного шару. Окрему увагу приділено оцінці вмісту гумусу, рівня кислотності, щільності ґрунту та водно-фізичних властивостей у різних відстані від меж лісосмуги.

У роботі використано методи польового обстеження, лабораторного аналізу ґрунтових зразків, а також просторового картографування для виявлення закономірностей у зміні показників родючості ґрунту залежно від типу, ширини та віку полезахисних насаджень. Зокрема, встановлено, що поблизу лісосмуг вміст гумусу може бути на 0,5–1,2% вищим, ніж у контрольних ділянках, а ерозійні втрати ґрунту знижуються до 40% у порівнянні з відкритими полями.

Результати дослідження підтверджують, що лісосмуги мають довготривалий позитивний вплив на стабільність ґрунтового середовища та виступають важливим елементом у системі сталого землекористування. Отримані дані можуть бути використані при розробці програм відновлення деградованих земель, проектуванні нових лісомеліоративних систем та вдосконаленні практики ведення агровиробництва з урахуванням екологічних чинників.

Ключові слова: полезахисні лісосмуги, родючість ґрунтів, ерозія, гумус, агроландшафт, лісомеліорація, ґрунтозахисна функція.



© Панкова С.О., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Pankova S.O. Impact of Shelterbelts on Soil Fertility Preservation

The article explores the ecological and soil-protective role of shelterbelts in preserving and restoring soil fertility in the agricultural landscapes of Ukraine's Forest-Steppe zone. The relevance of the study is due to the rapid degradation of soil resources caused by intensive farming, climate change, and anthropogenic pressure. One of the most effective nature-based solutions for stabilizing agroecosystems is the creation and proper management of protective forest belts.

The aim of the study is to analyze the mechanisms by which shelterbelts affect the physical and chemical properties of soil and to justify their significance in preventing soil degradation. The research examines the shelterbelts' function as biological barriers that reduce wind speed, trap surface runoff, minimize erosion, and help restore the structure of arable soil layers. Particular attention is paid to humus content, pH level, bulk density, and water-physical indicators at varying distances from the shelterbelt edge.

Field surveys, laboratory analysis of soil samples, and spatial mapping methods were used to identify patterns in soil fertility indicators depending on the type, width, and age of shelterbelts. The study revealed that humus content near shelterbelts can be 0.5–1.2% higher compared to control plots, while erosion losses are reduced by up to 40% relative to open-field areas.

The results confirm the long-term positive impact of shelterbelts on soil stability, highlighting their importance as a component of sustainable land use. The findings can inform regional land restoration programs, the planning of agroforestry systems, and the improvement of farming practices that consider ecological factors.

Key words: shelterbelts, soil fertility, erosion, humus, agro-landscape, forest reclamation, soil protection function.

Актуальність теми дослідження. У сучасних умовах інтенсивного землеробства, зміни клімату та антропогенного тиску проблема збереження родючості ґрунтів набуває особливої ваги. В Україні понад 60 % орних земель зазнають різних форм деградації, зокрема ерозії, зниження вмісту гумусу та ущільнення ґрунту. Одним із природоорієнтованих підходів до запобігання цим процесам є використання полезахисних лісосмуг як сталого елементу агроландшафту. Незважаючи на наявні дослідження, залишається недостатньо вивченим практичний вплив лісосмуг різних типів та параметрів на ґрунтову родючість у конкретних природно-кліматичних умовах.

Постановка проблеми. Нестача системних даних про ефективність полезахисних лісосмуг у контексті ґрунтозахисту призводить до їх недооцінки в агровиробництві. Потребує уточнення ступінь впливу лісосмуг різної морфометричної будови, порідного складу та просторового розташування на фізико-хімічні показники ґрунтів. Важливо визначити, які саме характеристики лісосмуг найбільше сприяють збереженню родючості орних земель та формуванню сприятливого мікроклімату.

Методика досліджень. Дослідження проводились у 2025 році в межах Вінницької області, Хмельницького району у Лісостеповій зоні України. Об'єктом дослідження були 10 полезахисних лісосмуг, з яких 6 обрано як основні, а 4 – як допоміжні (контрольні та порівняльні ділянки). Польові роботи включали відбір ґрунтових зразків на різних відстанях від лісосмуг (безпосередньо під наметом дерев, у міжсмуговій зоні, на відстані 50 м). Лабораторні аналізи проводились за такими показниками: вміст гумусу (за Тюріном), pH, механічний склад, щільність складання, вміст доступного азоту та фосфору. Просторове картографування виконувалось з використанням ГІС-технологій та GPS-трекінгу.

Результати досліджень. Отримані результати свідчать про суттєвий позитивний вплив полезахисних лісосмуг на збереження родючості ґрунтів. Виявлено, що поблизу лісосмуг вміст гумусу в орному шарі був у середньому на 0,8 % вищим, ніж на відкритих ділянках, а pH ґрунту характеризувався більш нейтральними

значеннями [3]. Щільність ґрунту у межах лісосмуг була нижчою на 0,1–0,15 г/см³, що свідчить про покращену структуру. Крім того, біля лісосмуг фіксувалося зменшення проявів водної ерозії, зокрема утворення змивних форм рельєфу. У лісосмугах із домінуванням листяних порід показники родючості були вищими, ніж у хвойних. Просторовий аналіз підтвердив, що найбільший ефект спостерігається в межах 10–30 метрів від краю лісосмуги [1].

Отримані результати свідчать про посилення антропогенного навантаження на полезахисні лісосмуги упродовж 2024–2025 років. Зокрема, відзначено збільшення щільності ґрунту в приполезахисній зоні з 1.28±0.03 г/см³ у 2024 році до 1.32±0.02 г/см³ у 2025 році, що вказує на активізацію процесів ущільнення, ймовірно пов'язаних із частим використанням важкої техніки поблизу лісосмуг [2].

Також зафіксовано зростання забур'яненості прилеглих ділянок з 38±2.5 % до 41±2.1 %, що може бути наслідком зниження біоценотичної стабільності екотону між полем і лісосмугою в умовах агрохімічного тиску.

Особливе занепокоєння викликає підвищення рівня пошкодження кореневої системи дерев: з 12±1.1 % у 2024 році до 15±1.3 % у 2025 році. Це свідчить про збільшення механічного впливу при польових роботах або недостатній зоні охорони насаджень. Одночасно збільшилась і кількість тракторних проходів (з 18±1.2 до 20±1.1), що безпосередньо впливає як на механічну деградацію ґрунтів, так і на фізіологічний стан дерев.

Нарешті, відзначено зростання рівня залишкових пестицидів у ґрунті біля лісосмуг – з 0.52±0.04 до 0.61±0.03 мг/кг [3–4]. Така тенденція є свідченням забруднення від пестицидного дрейфу під час обробки прилеглих полів, що може мати кумулятивний негативний ефект на флору та фауну лісосмуг. Дані наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

**Антропогенний вплив на стан полезахисних лісосмуг
Лісостепу правобережного, 2024-2025 рр., М±m**

Показник	2024 М±m	2025 М±m
Ущільнення ґрунту (г/см ³)	1.28±0.03 г/см ³	1.32±0.02 г/см ³
Забур'яненість прилеглих ділянок (%)	38±2.5 %	41±2.1 %
Пошкодження кореневої системи (%)	12±1.1 %	15±1.3 %
Кількість тракторних проходів у сезон	18±1.2	20±1.1
Зростання рівня залишкових пестицидів у ґрунті	0.52±0.04 мг/кг	0.61±0.03 мг/кг

Загалом, результати вказують на погіршення екологічного стану полезахисних лісосмуг унаслідок впливу агротехнічних заходів. Це підкреслює необхідність впровадження регламентів щодо обробки прикорайових смуг, розширення буферних зон і підвищення уваги до охорони лісомеліоративних насаджень як елементів екологічної рівноваги агроландшафту [5].

Результати дослідження свідчать про загалом високий рівень ґрунтової родючості в межах полезахисних лісосмуг Лісостепу Правобережного. У межах основних лісосмуг вміст гумусу становив у середньому 5,61 %, коливаючись у межах від 3,74 до 7,80 %, що вказує на значну біологічну активність та високу агрохімічну цінність ґрунтів. У допоміжних лісосмугах цей показник був дещо нижчим – 5,47 % (4,30–8,10 %), однак усе ще характеризувався достатньо високими значеннями [6].

Таблиця 2

**Показники родючості ґрунтів полезахисних лісосмуг
Лісостепу правобережного, 2024-2025 рр.**

Показник	Тип лісосмуги	
	Основна	Допоміжна
Вміст гумусу, %	<u>5,61*</u> 3,74-7,80	<u>5,47</u> 4,30-8,10
Вміст азоту лужногідролізованого, мг/кг	<u>156,3</u> 92,0-225,0	<u>118,5</u> 99,0-126,0
Вміст фосфору рухомого, мг/кг	<u>179,9</u> 94,0-313,0	<u>193,0</u> 116,0-251,0
Вміст калію обмінного, мг/кг	<u>336,3</u> 120,0-528,0	<u>366,3</u> 212,0-494,0
Реакція ґрунтового розчину pH	<u>6,4</u> 5,5-7,0	<u>6,3</u> 6,0-6,6
Гідролітична кислотність, ммоль/100 г	<u>1,58</u> 0,98-2,74	<u>1,60</u> 1,48-1,69

Вміст лужногідролізованого азоту, одного з головних показників забезпеченості ґрунту доступним азотом, у ґрунтах основних лісосмуг становив 156,3 мг/кг (у діапазоні 92,0–225,0 мг/кг), що свідчить про високу забезпеченість азотом. У допоміжних лісосмугах цей показник був помітно нижчим – 118,5 мг/кг (99,0–126,0 мг/кг), що може бути пов'язано з меншою щільністю деревостану, відмінностями у порідному складі або впливом сусідніх орних земель.

Інтенсивність фосфорного живлення ґрунтів виявилась достатньо високою в обох типах лісосмуг. Середній вміст рухомого фосфору у основних лісосмугах становив 179,9 мг/кг (від 94,0 до 313,0 мг/кг), тоді як у допоміжних – 193,0 мг/кг (116,0–251,0 мг/кг) [6-7]. Це свідчить про значний запас елементів живлення, особливо у верхньому гумусовому горизонті, що, ймовірно, зумовлено меншою інтенсивністю використання та природним накопиченням органічних залишків.

Середній вміст обмінного калію у ґрунтах основних лісосмуг склав 336,3 мг/кг (120,0–528,0 мг/кг), а в допоміжних – 366,3 мг/кг (212,0–494,0 мг/кг), що також свідчить про добру калієву забезпеченість. Помітно ширший діапазон у основних лісосмугах може свідчити про неоднорідність ґрунтового покриття та різну ступінь впливу чинників з навколишніх територій [8-9].

Реакція ґрунтового розчину (pH) перебувала в межах слабокислої реакції: у основних лісосмугах – 6,4 (5,5–7,0), у допоміжних – 6,3 (6,0–6,6). Такий pH є оптимальним для більшості лісових та польових культур, сприяє засвоєнню основних макроелементів і розвитку ґрунтової біоти.

Гідролітична кислотність знаходилась на низькому рівні – 1,58 ммоль/100 г у основних лісосмугах (0,98–2,74) та 1,60 ммоль/100 г у допоміжних (1,48–1,69), що свідчить про добру буферну здатність ґрунтів і відсутність значної кислотної деградації [10-11].

Таблиця 3

**Загальний екологічний стан насаджень полезахисних лісосмуг
Лісостепу правобережного, 2024-2025 рр.**

Показник	Тип лісосмуги	
	Основна	Допоміжна
Прояв деградації дерево-чагарниково-трав'янистої рослинності, %	<u>12,3*</u> 7,0-18,0	<u>10,8</u> 7,0-15,0
Життєвий стан дерев за ушкодженням крони і стовбура	Здорові – ослаблені: ушкодження дерев 0-30%	Здорові – ослаблені: ушкодження дерев 0-30%

Висновки та перспективи подальших досліджень. Полезахисні лісосмуги суттєво сприяють стабілізації та збереженню родючості ґрунтів, зменшують ерозійні процеси, покращують фізико-хімічні властивості ґрунтового профілю. Отримані дані підтверджують доцільність впровадження та підтримки лісомеліоративних заходів у структурі агроландшафтів. У подальшому доцільно розширити дослідження на різні типи ґрунтів та кліматичні зони, а також оцінити довгострокову динаміку зміни родючості залежно від віку та стану лісосмуг. Перспективним є поєднання традиційних ґрунтових методів із дистанційним зондуванням Землі для оперативного моніторингу стану ґрунтів у зоні впливу лісосмуг.

Проведені дослідження агроекологічного стану ґрунтів полезахисних лісосмуг показали, що переважна більшість ділянок належала до високородючих з високими показниками вмісту гумусу, лужногідролізованого азоту, рухомого фосфору та обмінного калію, нейтральною кислотністю. Основною проблемою ґрунтів полезахисних лісосмуг є забруднення їх важким металом – свинцем у концентраціях, що у 1,4-33,3 рази перевищують ГДК.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Ткачук О. П., Панкова С. О. Склад і біометричні показники полезахисних лісосмуг центрального Лісостепу. Збалансоване природокористування. 2021. № 4. С. 117–124.
2. Tkachuk O., Viter N., Pankova S., Titarenko O., Yakovets L. The current environmental state of the field protective forest belts of the Forest Steppe of Ukraine. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science*. 2023. T. 13, № 2. С. 1–8.
3. Nguyen T. B.-A., Henao L. A., Li Z., Cheng L., Hu H.-W. Impacts of shelterbelt systems on pasture production and soil bacterial and fungal communities in agricultural fields. *Journal of Sustainable Agriculture and Environment*. 2023.
4. Wen Y., Liu B., Lin L. та ін. Shelterbelt effects on soil redistribution on an arable slope by wind and water. *Catena*. 2024.
5. Tkachuk O., Viter N., Pankova S., Titarenko O., Yakovets L. The current environmental state of the field protective forest belts of the Forest Steppe of Ukraine. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science*. 2023. T. 13, № 2. С. 1–8. DOI: <https://doi.org/10.31407/ijees13.201>.
6. Didur I., Tkachuk O., Pantsyreva H., Shevchenko N., Chabanuk Ya., Pankova S., Vasylykov O. Effectiveness of the application of growth-stimulating bioproducts in intensive apple orchards. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science*. 2025. T. 15, № 1. С. 161–170. DOI: <https://doi.org/10.31407/ijees>.
7. Didur I., Tkachuk O., Pantsyreva H., Chabanuk Ya., Pankova S., Hutsol H., Mazur O., Kovka N. Bioindication characteristics of trees in solid protection forest strips depending on intensive agriculture. *Journal of Ecological Engineering*. 2025. T. 26, № 6. С. 315–328. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/202749>.
8. Нейко І. С., Мудрак Г. В., Нейко О. В., Дідур І. М., Матусяк М. В., Козак Ю. В.

Лісові генетичні ресурси у контексті збереження біорізноманіття Вінниччини : монографія. Вінниця : ТВОРИ, 2022. 500 с.

9. Миколайко В. П., Кирилюк В. П., Козинська П. І. Полезахисні лісові смуги як землі сільськогосподарського призначення. Збалансоване природокористування. 2020. № 2. С. 84–93.

10. Юхновський В. Ю., Малюга В. М., Штофель М. О., Дударець С. М. Шляхи вирішення проблеми полезахисного лісорозведення в Україні. Наукові праці Лісівничої академії наук України. 2009. Вип. 7. С. 62–65.

11. Бессонова В. П., Зайцева І. А. Вміст важких металів у листі дерев і чагарників в умовах техногенного забруднення різного походження. Питання біоіндикації та екології. 2008. № 2. С. 62–77.

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 631.435

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.3.39>

ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВ ВОЄННИХ ДІЙ НА СТАН ГРАНУЛОМЕТРИЧНОГО СКЛАДУ ҐРУНТІВ ПІВНІЧНОГО ЛІСОСТЕПУ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Солоха М.О. – д.с.-г.н., с.н.с.,

завідувач лабораторії інструментальних методів

досліджень ґрунтів, стандартизації і метрології,

Національний науковий центр

«Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського»

orcid.org/0000-0002-1860-0819

Винокурова Н.В. – здобувачка вищої освіти ступеня

доктора філософії поза аспірантурою,

н. с. лабораторії інструментальних методів

досліджень ґрунтів, стандартизації і метрології,

Національний науковий центр

«Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського»

orcid.org/0000-0003-3876-480X

Семенцова К.О. – н. с. лабораторії інструментальних

методів досліджень ґрунтів, стандартизації і метрології,

Національний науковий центр

«Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського»

orcid.org/0000-0002-4898-0314

У статті представлено результати досліджень оцінки впливу воєнних дій на стан гранулометричного складу ґрунтів північного Лісостепу Харківської області. Це є необхідною складовою для визначення потреби у рекультиваційних та ремедіаційних заходах та прийняття управлінських рішень щодо використання сільськогосподарських земель на рівні господарства та регіону в цілому. В статті наведені дані визначення гранулометричного складу ґрунтів що зазнали мілітарного впливу та їх статистичний аналіз. У праці підкреслено, що на зміни (відміни) у гранулометричному складі можуть впливати бомботурбація та(або) хімічне забруднення. Вимірювання проводилось методом лазерної дифракції на лазерному аналізаторі розміру частинок Mastersizer 3000E з рідинним модулем диспергування Hydro EV. Запропоновано, враховуючи стандартне відхилення метода лазерної дифракції, при умові якщо різниця в даних по фракціям між фоновим значенням та значенням з точок мілітарного впливу не перевищують 2,5%, то відміни відсутні, якщо від 2,5 – 5% – незначними, від 5% – суттєві. Результати досліджень свідчать що в місцях пошкодження ґрунтового покриву внаслідок вибуху (в місцях утворення вирв) відміни у гранулометричному складу ґрунту по фракціях між фоновією пробою та з місця ураження спостерігаються переважно незначні або зовсім відсутні, лише в 6 пробах з 25 маємо більш суттєву різницю, переважно при діаметрі вирви більше 4 м. Відбувається перерозподіл фракцій: зменшується фракція дрібного піску та збільшуються фракції дрібного пилу та мулу.

Оцінка результатів гранулометричного складу в пробах ґрунту з місць підбитої та(або) згорілої техніки показала, що відміни переважно спостерігаються точково в місцях ймовірного витоку паливно-мастильних матеріалів (за органолептичними показниками), а не під всією технікою. Відбувається перерозподіл фракцій в бік крупного та



© Солоха М.О., Винокурова Н.В., Семенцова К.О., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

дрібною піску: збільшується фракція крупного та дрібною піску, фракції крупного та середнього піску майже не змінюються, а фракції дрібною піску та мулу зменшуються. З часом ці відміни зникають.

За отриманими результатами встановлено, що гранулометричний склад ґрунтів північного Лісостепу Харківської області при мелітарному впливі може змінюватись лише при наявності вирв діаметром більше 4 м.

Ключові слова: ґрунт, гранулометричний склад, мелітарний вплив, ґрунтовий покрив, бойові дії.

Solokha M.O., Vynokurova N.V., Sementsova K.O. Assessment of the impact of military actions on the state of the granulometric composition of soils in the northern Forest-Step of Kharkiv region

The article presents the results of research assessing the impact of military operations on the state of the grain size distribution of soils in the northern Forest-Steppe of the Kharkiv region. This is a necessary component for determining the need for reclamation and remediation measures and making management decisions regarding the use of agricultural lands at the level of the farm and the region as a whole. The article presents data on determining the grain size distribution of soils that have been subjected to military impact and their statistical analysis. The work emphasizes that changes (changes) in the grain size distribution can be influenced by bomb disturbance and (or) chemical contamination. The measurement was carried out by laser diffraction on a Mastersizer 3000E laser particle size analyzer with a Hydro EV liquid dispersion module. It is proposed, taking into account the standard deviation of the laser diffraction method, that if the difference in the data on fractions between the background value and the value from the points of military impact does not exceed 2.5%, then there are no deviations, if from 2.5 to 5% - insignificant, from 5% - significant. The results of the studies show that in places of damage to the soil cover due to the explosion (in places of crater formation) the deviations in the granulometric composition of the soil by fractions between the background sample and from the site of damage are observed mainly insignificant or completely absent, only in 6 samples out of 25 we have a more significant difference, mainly with a crater diameter of more than 4 m. A redistribution of fractions occurs: the fraction of fine sand decreases and the fractions of fine dust and silt increase.

Evaluation of the results of the grain size distribution in soil samples from the sites of damaged and/or burnt equipment showed that the deviations are mainly observed pointwise in places of probable leakage of fuel and lubricants (according to organoleptic indicators), and not under all equipment. There is a redistribution of fractions towards coarse and fine sand: the fraction of coarse and fine sand increases, the fractions of coarse and medium dust almost do not change, and the fractions of fine dust and silt decrease. Over time, these deviations disappear.

According to the results obtained, it was established that the grain size distribution of soils of the northern Forest-Steppe of the Kharkiv region under military influence can change only in the presence of craters with a diameter of more than 4 m.

Key words: soil, grain size distribution, military influence, soil cover, combat operations.

Актуальність теми дослідження. Бойові дії, що йдуть на території нашої країни впливають на ґрунтовий покрив. Від бомб, ракет, мін, снарядів різного калібру порушується ґрунтовий покрив, утворюються вирви (воронки) різного розміру. Вивернутий ґрунт, розкиданий на десятки метрів від місця ураження, змінює родючість верхнього шару ґрунту. В місцях розбитої та згорілої техніки відбувається потрапляння в ґрунт забруднюючих речовин. Це призводить до змін (відмін) хімічних та фізичних параметрів ґрунту. Медведєв В.В. зі співавторами зазначав: «Контроль змін фізичних параметрів, які відображають зміни фізичних процесів ґрунту, є необхідним елементом моніторингу з метою оцінки стану земель і визначення найбільш ефективних прийомів їх збереження і підвищення родючості» [1]. Одним з таких показників є гранулометричний склад. Вже зараз, а тим паче у післявоєнний період, постає питання наскільки суттєвими можуть бути відміни у гранулометричному складі при мелітарному впливі. Оцінка впливу воєнних дій на гранулометричний склад ґрунтів Лісостепу необхідна для визначення потреби

у рекультиваційних та ремедіаційних заходах та прийняття управлінських рішень щодо використання сільськогосподарських земель на рівні господарства та регіону в цілому. Адже раціональне використання постраждалих земель сільськогосподарського призначення сприятиме продовольчій безпеці України.

Постановка проблеми. Аналіз літературні джерел показав, що найбільше пошкоджень ґрунтовий покрив зазнає внаслідок бомбардувань, обстрілів та детонації мін, при цьому виникають вирви (воронки), виникають пожежі на значній території, як наслідок відбуваються зміни у рельєфі місцевості і пов'язані з цим зміни показників родючості ґрунту. На наявність цих змін наголошується багатьма науковцями у своїх роботах. Кількість та розмір вирв (воронок) на певній місцевості досліджується переважно за допомогою ГІС технологій [2–6]. Хімічний вплив на ґрунтовий покрив досліджувався переважно на вміст важких металів, щодо фізичних змін – то інформація стосовно показників фізичного стану ґрунту суттєво обмежена.

Дослідження зміни фізичних показників переважно спрямовані на ущільнення ґрунту внаслідок проходження військової техніки. Науковці спостерігали підвищення об'ємної щільності [7–9]. На фізичні показники негативно впливає і хімічне забруднення, а саме витоку паливно-мастильних матеріалів з підбитої техніки та резервуарів зберігання нафтопродуктів [10]. Процько Я.І. наголошує: «Шкідливий екологічний вплив смолянисто-альфальтенових компонентів на ґрунтові екосистеми полягає не в хімічній токсичності, а в значній зміні водно-фізичних властивостей ґрунтів. Якщо нафта просочується згори, її смолянисто-альфатенові компоненти сорбуються, в основному, у верхньому, гумусовому горизонті, іноді міцно цементуючи його» [11]. В інших дослідженнях також підтверджується, що при забрудненні ґрунтів нафтопродуктами відбуваються зміни фізичних показників: електропровідність, пористість, водопроникність [12], водостійкість ґрунтових агрегатів [13,14], середній ваговий діаметр агрегатів (збільшуються зі збільшенням ступеня забруднення) [15].

Що стосується гранулометричного складу ґрунту, то у статтях дослідників ННЦ «ПА імені О.Н. Соколовського» [3, 4, 7] було зазначено, що в зразках, які відібрані в місцях влучення снарядів та авіабомб на полі біля села Мала Рогань та селища Новий Коротич Харківської області у вирвах гранулометричний склад відрізняється від гранулометричного складу неушкодженої ділянки поля (фоном), а саме за вмістом «фізичної глини» (часточки розміром менше 0,01 мм). Відповідно по «фізичній глині» різниці між фоном та точками відбору за методом лазерної дифракції складали від 2 % до 10 % , а за ДСТУ 4730 – від 0,1 % до 11 %. При цьому похибка методів не враховувалася та суттєвість різниці не встановлювалася.

Землі сільськогосподарського призначення, що постраждали від бойових дій, мають різний характер ушкоджень: механічний – порушення цілісності ґрунтового покриву та хімічний – забруднення важкими металами та паливно-мастильними матеріалами. Ступень і характер ушкодження по-різному можуть впливати на гранулометричний склад ґрунту. На сьогодні є обмежена інформація з цього питання: не відомо в яких гранулометричних фракціях відбуваються відміни і наскільки вони є суттєвими. Тому метою статті є висвітлення результатів дослідження щодо встановлення та оцінки відміни у гранулометричному складі ґрунту, який зазнав ушкодження внаслідок військових дій.

Методика досліджень. Протягом 2022–2025 рр. проводилися відбирання проб ґрунту Лісостепової зони, які зазнали мілітарного впливу, а саме ґрунтові проби Харківської області: Харківського, Богодухівського, Чугуївського районів.

В місцях ідентифікації за супутниковими знімками переважали чорноземи типові, чорноземи опідзолені на лесах різного гранулометричного складу: середньосуглинкові, важкосуглинкових і навіть глинисті. Потужність ґрунтового профілю здебільшого 110 – 120 см. Зверху до глибини 40-50 см розташовується гумусовий горизонт з кількістю гумусу до 5-6 %. Зразки відбиралися як в місці без ушкоджень ґрунтового покриву з максимально типовим для певної ділянки хімічним та фізичним складом, без впливу забруднюючих чинників (контрольні або фонові проби), так і у точках ймовірного впливу: бомботурбація, забруднення. Відбір проб здійснювали на основі комбінованого підходу згідно ДСТУ 4287:2004 [16], або серії гармонізованих стандартів ДСТУ ISO 10381[17]. В лабораторних умовах проби висушувалися до повітряно-сухого стану за температури нище 40°C та з них відбиралася рослинність, включення не природнього походження (малі уламки від снарядів та техніки). Розтиралися товчком з гумовим наконечником та просіювалися крізь сито з діаметром отворів 1мм. Для видалення карбонатів застосовували розчином соляної кислоти (HCl) з молярною концентрацією $c_{(HCl)}$ 0,2 моль/дм³ для карбонатних та 0,05 моль/дм³ для некарбонатних ґрунтів, для дезагрегації – розчину гідроксиду натрію (NaOH) з молярною концентрацією $c_{(NaOH)}$ = 1 моль/дм³. Вимірювання гранулометричного складу проводили методом лазерної дифракції на лазерному аналізаторі розміру частинок Mastersizer 3000E фірми Malvern Instruments з рідинним модулем диспергування Hydro EV за встановленими оптимальними параметрами налаштувань: диспергатор – дистильована вода з коефіцієнтом рефракції 1,33, швидкість мішалки – 2250 об/хв, час вимірювання фону та зразка 15 с, кількість вимірювань – 6, математична модель розрахунку – теорія Мі, коефіцієнтом рефракції – 1,39 – 1,40.

Результати досліджень. За впливом на ґрунтовий покрив проби ґрунту поділені на ті, що відбиралися з вивр (воронок), тобто було пошкодження ґрунту внаслідок вибуху, та на ті, що відбиралися під (або) біля розбитої та (або) спаленої військовою технікою, тобто біло місце термічного та (або) хімічного впливу на ґрунт.

За методом лазерної дифракції дані гранулометричного складу по фракціям мають стандартне відхиленням максимально 2,25% (% - це одиниця вимірювання фракції), при цьому стандартне відхилення не залежить від значення вмісту фракції і у середньому складає від 0,5% до 1,1%. За максимальним стандартним відхиленням для фізичної глини (як суми фракцій середнього пилу, дрібного пилу та мулу) не перевищує 4%. Враховуючи максимальне стандартне відхилення запропоновано, якщо різниця в даних по фракціям між фоновим значенням та значенням з точок мілітарного впливу не перевищують 2,5%, то відміни відсутні, якщо від 2,5 – 5% – незначними, від 5% – суттєві.

Було проаналізовано та порівняно вміст кожної фракції між фоном та 25 пробами ґрунту з вивр (воронок) (див. рис. 1)

За результатами статистичного аналізу встановлено, що у 84% проб у фракції крупного та середнього піску (1 – 0,25 мм) відміни відсутні, а у 16% – незначні, у фракції дрібний пісок (0,25– 0,05 мм) відміни відсутні у 12% проб, незначні – у 64%, та значні – у 24%; у фракції крупного пилу (0,05 – 0,01мм) відміни відсутні у 64% проб, незначні – у 20%, та значні – у 16%; у фракції середнього пилу (0,01 – 0,005 мм) відміни відсутні у всіх пробах; у фракції дрібного пилу (0,005 – 0,001 мм) відміни відсутні у 52% проб, незначні – у 44%, та значні – у 4%; у фракції мулу (<0,001 мм) відміни відсутні у 36% проб, незначні – у 56%, та значні – у 8%. Для фракції фізичної глини (<0,01 мм) маємо різницю до 2,5% у 8% проб, від 2,5% до 5% – у 34% проб, від 5% до 7,5% – у 27% проб, від 7,5% до 10% – у 23% проб, від

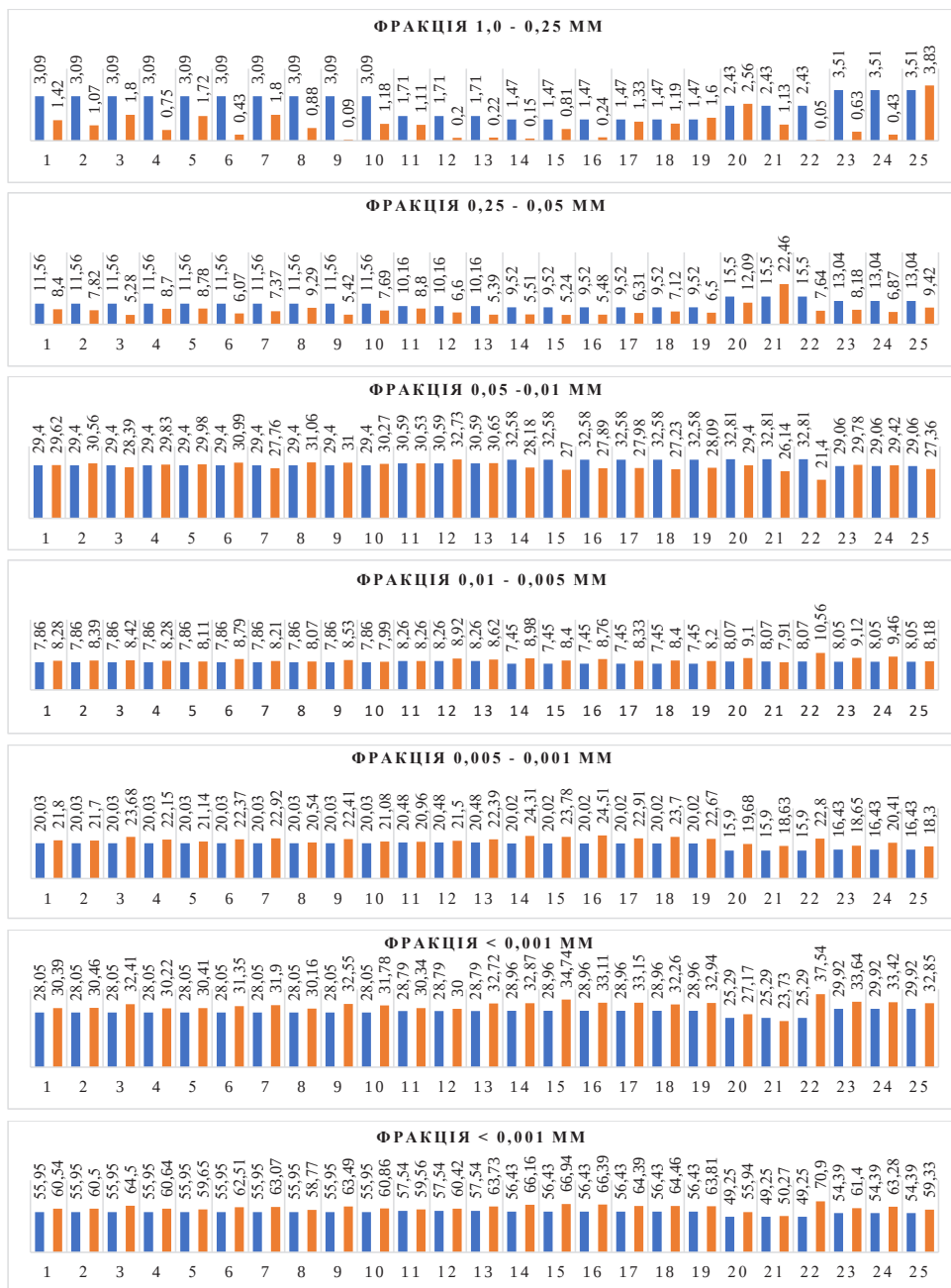


Рис. 1. Вміст гранулометричних фракцій: ■ – фон, ■ – проба ґрунту з під розбитої та (або) згорілої техніки

10 % у 8% проб. Враховуючи стандартне відхилення метода для фракції фізичної глини (до 4%) можемо вважати що у 22% проб відміни відсутні.

Отже, відміни у гранулометричному складу ґрунту по фракціях між фоновією пробою та з місця ураження спостерігаються переважно незначні або зовсім відсутні, лише в 6 пробах із 25 маємо більш суттєву різницю. На наш погляд, це пов'язано з глибиною вирви та профілем ґрунту, адже при бомботурбації ґрунт різних горизонтів перемішується і чим більш неоднорідніші ґрунтові горизонти за гранулометричним складом будуть порушені, тим різниця між пробою з вирв та фоном буде суттєвішою. Для проб ґрунту з Лісостепової зони (чорноземи типові, чорноземи опідзолені) відміни переважно спостерігалися у вирвах від авіаційних бомб. У вирвах з діаметром кратерів до 4 м відміни у гранулометричному складу не спостерігались.

Також було проаналізовано та порівняно вміст кожної фракції між фонами та 24 пробами ґрунту з місць підбитої та(або) згорілої техніки (див. рис 2).

Проаналізувавши 24 проби верхнього шару (0–30 см) ґрунту з під розбитої та згорілої техніки, встановлено, що у 58% проб у фракції крупного та середнього піску (1 – 0,25 мм) та у фракції дрібний пісок (0,25– 0,05 мм) відміни відсутні, у 21% –незначні та значні – у 21%; у фракції крупного пилу (0,05 – 0,01мм) відміни відсутні у 67% проб, незначні – у 25%, та значні – у 8%; у фракції середнього пилу (0,01 – 0,005 мм) відміни відсутні у 100% проб; у фракції дрібного пилу (0,005 – 0,001 мм) відміни відсутні у 75% проб, незначні – у 8%, та значні – у 17%; у фракції мулу (<0,001 мм) відміни відсутні у 50% проб, незначні – у 17%, та значні – у 33%.

Для фракції фізичної глини (<0,01 мм) маємо різницю до 2,5% у 42% проб, від 2,5% до 5% – у 12% проб, від 5% – у 46% проб. Враховуючи стандартне відхилення метода для фракції фізичної глини (до 4%) можемо вважати що у 54% проб відміни відсутні. Переважно відміни відбулися лише в точках ймовірного витока паливно-мастильних матеріалів (за органолептичними показниками), а не під всією технікою. Тобто відміни мають точковий характер. При цьому спостерігається перерозподіл фракцій в бік крупного та дрібного піску: збільшується фракція крупного та дрібного піску, фракції крупного та середнього пилу майже не змінюються, а фракції дрібного пилу та мулу зменшуються

Для встановлення впливу часу відбору проб на результати визначення гранулометричного складу були відібрані проби ґрунту (чорнозему типового) в різний проміжок часу в місцях підбитої техніки поблизу Карасівка Богодухівський район Харківська області у 2023 р. та у 2024 р. Дані вмісту фракцій наведені на рисунку 3.

Аналіз рисунку 3 показує що через 11 місяців з дня відбирання перших проб фону вміст фракцій майже не змінився та знаходиться на рівні похибки методу, але в пробах ґрунту що відбиралися під дном та в районі двигуна ТЗМ Т72 «Солнцепек» відбувся перерозподіл по фракціям. Так у 2023 вміст фракції пилу (0,05–0,01 мм) склав 20,99 %, що приблизно на 7 % менше порівняно з фоном та пробою з під дна, яка відібрана у 2024 році. Також для проби з під дна, що відібрана у 2023 році, спостерігається підвищений вміст фракцій дрібного пилу та мулу приблизно на 4 % та 3 % відповідно. Перерозподіл фракцій з часом спостерігається і в пробі з під двигуна: вміст фракції крупного та середнього піску(1,0 – 0,25мм) у 2023 році склав 17,05 %, що приблизно на 12 % більше порівняно з фоном та пробою з під двигуна, яка відібрана у 2024 році, вміст фракції дрібного піску (0,25 – 0,05мм) та крупного пилу (0,05 – 0,01мм) навпаки менший порівняно з фоном та 2024 роком відповідно приблизно на 3 % та 6,5 %. Проби що

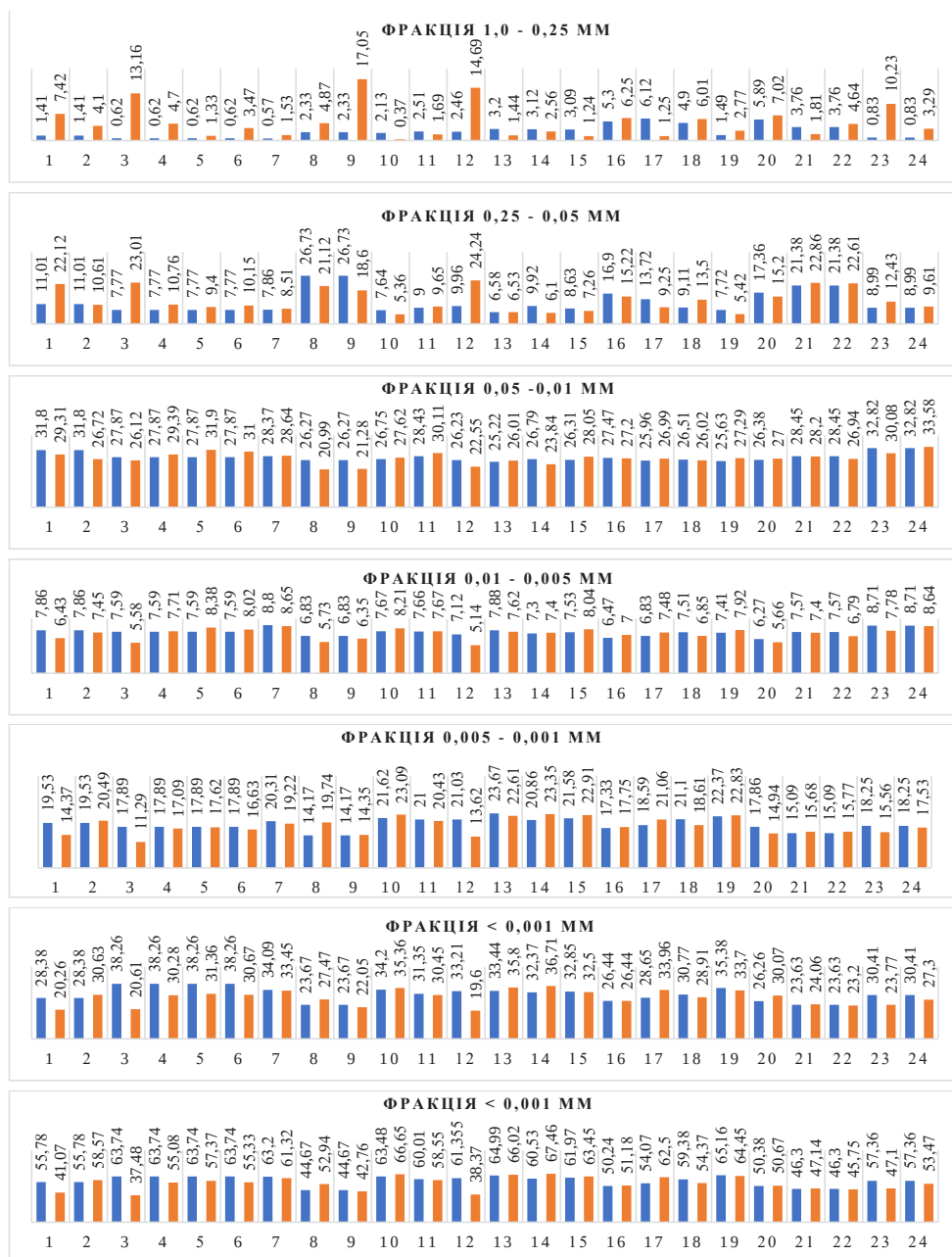


Рис. 2. Вміст гранулометричних фракцій: ■ – фон, ■ – проба ґрунту з під розбитої та (або) згорілої техніки

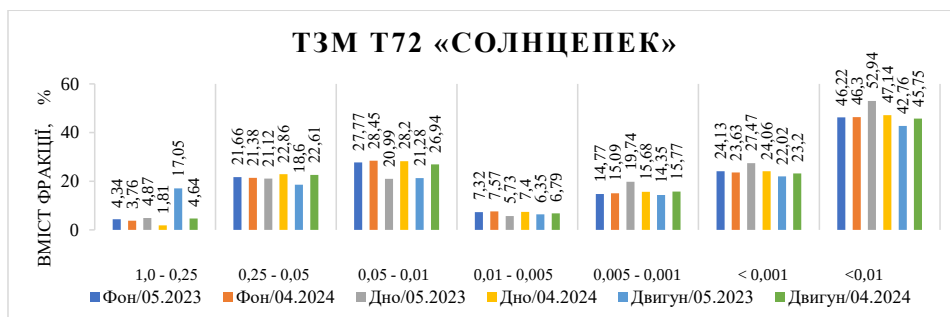


Рис. 3. Вміст гранулометричних фракцій для проб ґрунту відібраних у 05.2023 році та 04.2024 році в місці підбитого ТЗМ Т72 «Солнцеpek» поблизу с.Карасівка Богодухівського району Харківської області

відбиралися у 2024 році під дном та під двигуном за вмістом фракцій знаходяться на рівні фону. Отже, в місцях підбитої техніки час відбору впливає на отримані результати. Якщо з моменту підриву техніки проходить не багато часу (до 1 року), тобто під час відбору проб ґрунту органолептично спостерігається сильний запах паливно-мастильних речовин, то при визначенні гранулометричного складу, мікроагрегати, котрі зв'язані паливно-мастильними речовинами, частково не розкладаються під дією реагентів. Але з часом, в природніх умовах, відбуваються зміни властивостей паливно-мастильних речовин, тому при визначенні гранулометричного складу мікроагрегати розкладаються і вміст фракцій повертається на рівень фону. А це означає що, відміни у гранулометричному складі в пробах ґрунту що зазнали хімічного впливу (виток паливно-мастильних матеріалів) не мають довготривалого характеру.

Висновки та перспективи подальших досліджень. При ушкодженні чорноземних ґрунтів північної Лісостепової зони Харківської області відміни у гранулометричному складі спостерігаються переважно при діаметрі вирви більше 4 м, тобто імовірно у вирвах, що виникли від вибуху важкого озброєння, крилатих/балістичних ракет або авіаційних бомб. Відбувається перерозподіл фракцій: зменшується фракція дрібного піску та збільшуються фракції дрібного пилу та мулу. Отже, в подальшому на чорноземних ґрунтах вирви невеликого розміру можливо засипати розкиданим навколо ґрунтом, при цьому гранулометричний склад суттєво не зміниться. Але при наявності на полі великих вирв більше 4 м у діаметрі рекультивацинні заходи треба планувати з врахуванням зміни у гранулометричному складі.

При мілітарному термічному та (або) хімічному впливу на чорноземні ґрунти Лісостепової зони (чорнозем опідзолений та чорнозем типовий) в наслідок витоку паливно-мастильних речовин та (або) горіння військової техніки, спостерігається точкові відміни у гранулометричному складі, що не мають довготривалого характеру.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Медведев В.В., Булигін С.Ю., Вітвіцький С.В. М 42 Фізика ґрунту . Навчальний посібник . К.: Видавництво, 2018.- 289 с.
2. Russian-Ukrainian war impacts on the environment. Evidence from the field on soil properties and remote sensing / M. Solokha, P. Pereira, L. Symochko et al. *Scienceof*

The Total Environment. 2023, Vol. 902. №166122. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166122>

3. Солоха М.О., Смірнова К.Б., Винокурова Н.В., Семенцова К.О. Варіабельність геохімічного та гранулометричного складу ґрунтів лісостепу України під впливом бойових дій. *Аграрні інновації*. 2022. № 14. С.109 – 117. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.14.16>

4. Соловей В. Б., Лебедь В. В., Залавський Ю. В. Вплив воєнних дій на ґрунтовий покрив України. *Ґрунтовий покрив України в умовах воєнних дій: стан, виклики, заходи з відновлення* : зб. тез Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Харків, 5 груд. 2023 р.). Харків: ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського», 2023. С. 72–75. URL: <http://www.issar.com.ua/uk/vydannyahttps://doi.org/10.31073/issar122023>

5. Оцінювання впливу воєнних дій на ґрунтовий покрив Харківської області за супутниковими даними (результати проекту wfp/foa в Україні) / О. С. Бончковський та ін. *Ґрунтовий покрив України в умовах воєнних дій: стан, виклики, заходи з відновлення*: зб. тез Міжнар. наук.-практ. конф. (Харків, 5 грудня 2023 р.). Харків: ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського», 2023. 86 с. URL: <http://www.issar.com.ua/uk/vydannya>

6. Soil Degradation and Contamination Due to Armed Conflict in Ukraine/ M. Solokha et al. *Land*. 2024. Vol. 13. Is. 10. DOI: <https://doi.org/10.3390/land13101614>

7. Пліско І. В., Романчук К. Ю., Криlach С. І. Механічна та фізична деградація орних ґрунтів унаслідок ведення воєнних дій в Україні *Вісник аграрної науки*. 2023. № 10 (847), с. 5-12. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202310-01>

8. Foot Traffic Effects on Grassland Soil Properties at the U.S. Air Force Academy, Colorado/ Randy C. A. Whitecotton et al. *CERL Technical Manuscript 99/98* December 1999. URL: <https://apps.dtic.mil/sti/tr/pdf/ADA371847.pdf>

9. Soil degradation after the traffic of a military combat vehicle leopard 1A5BR / C.R. Müller et al. *Ci. e Nat., Santa Maria*, 2021. Vol. 43, e87, DOI: <https://doi.org/10.5902/2179460X62685>

10. Наслідки для довкілля війни росії проти України / О. Ангурець та ін. : електронне видання. 2022, 84 с. URL: <https://cleanair.org.ua/wp-content/uploads/2023/03/cleanair.org.ua-war-damages-ua-version-04-low-res.pdf> (дата звернення 14.02.2026 р.).

11. Процько Я.І. Вплив нафти та нафтопродуктів на ґрунтовий покрив. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2010. № 2. С. 189-191. URL: <https://www.pdau.edu.ua/sites/default/files/visnyk/2010/02/189.pdf> (дата звернення 16.02.2026 р.).

12. Barua D., Buragohain J., Sarma S. K. Certain physico-chemical changes in the soil brought about by contamination of crude oil in two oil fields of Assam, NE India. *Euro. J. Exp. Bio.*, 2011. Vol. 1(3). P.154-161 URL: <https://www.primescholars.com/articles/certain-physicochemical-changes-in-the-soil-brought-about-bycontamination-of-crude-oil-in-two-oil-fields-of-assam-ne-india.pdf> (дата звернення 16.02.2026 р.).

13. Influence of Oil Contamination on Physical and Biological Properties of Forest Soil After Chainsaw Use/ A. Klammerus-Iwan et al. *Water Air Soil Pollut.* 2015. Vol.226, P.389. DOI:10.1007/s11270-015-2649-2

14. Effects of pollution of saline soils with oil and oil products on soil physical properties/ Z. Jabbarov et al. : *E3S Web of Conferences* 2024. Vol.497, №03006 DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202449703006>

15. Chukwu E. C., Azuka C. V., Okorie B. O. Effects of different levels of spent engine oil on soil physicochemical properties using different texturally contrasting soils. *Research Square*. November 3rd, 2022 DOI: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2231711/v1>

16. ДСТУ 4287:2004 Якість ґрунту. Відбирання проб. [Чинний від 2005–07–01]. К.: Держспоживстандарт України, 2005. 10 с.

17. ДСТУ ISO 11464:2007 Якість ґрунту. Попереднє оброблення зразків для фізико-хімічного аналізу (ISO 11464:2006, IDT). [Чинний від 2009–10–01]. К.: Держспоживстандарт України, 2012. 12 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

ЕКОЛОГІЯ, ІХТІОЛОГІЯ ТА АКВАКУЛЬТУРА

ECOLOGY, ICHTHYOLOGY AND AQUACULTURE

УДК 712.25:504.06

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.3.40>

КОМПЛЕКСНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІЙ МІСЬКИХ ПАРКІВ

Прокопенко Н.В. – к.б.н.,

доцент кафедри екології,

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

orcid.org/0000-0002-2783-2777

На сьогодні надзвичайно важливим є формування системи зелених насаджень міст, а також комплексне дослідження ефективності виконання основних функцій міських парків як важливого елементу екологічної інфраструктури сучасного міста. Обґрунтовано значення зелених просторів у забезпеченні сталого розвитку урбанізованих територій, зокрема у контексті покращення екологічного стану, підвищення якості життя населення та формування сприятливого соціального середовища. Розглянуто теоретичні підходи до визначення функцій міських парків, серед яких виокремлено екологічну, естетичну, рекреаційну, психологічну та освітню. Визначено їх роль у формуванні екосистемних послуг та вплив на соціально-економічні процеси в межах міського середовища.

Емпіричну основу дослідження становлять результати анкетування студентів, проведеного з метою оцінювання рівня реалізації функцій одного з міських парків. На основі отриманих даних здійснено кількісну оцінку ефективності виконання кожної з функцій за п'ятибальною шкалою, що дозволило виявити їх відносну значущість та рівень сприйняття користувачами. Встановлено, що найвищі оцінки отримали психологічна та екологічна функції, що свідчить про їх ключове значення для відвідувачів. Водночас освітня функція характеризується найнижчим рівнем реалізації, що вказує на наявність резервів для її розвитку.

Досліджено вплив частоти відвідування та тривалості перебування у парку на формування оцінок його функціональної ефективності. Виявлено, що частота відвідування має суттєвий вплив на рівень оцінювання, тоді як тривалість перебування є менш значущим фактором. Додатково обґрунтовано доцільність врахування поведінкових характеристик відвідувачів при формуванні підходів до управління міськими зеленими зонами. Наукова новизна полягає у застосуванні комплексного підходу до оцінки функцій міських парків з урахуванням поведінкових характеристик користувачів. Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості їх використання при плануванні заходів з удосконалення функціонування міських зелених просторів та підвищення ефективності їх використання та розвитку ефективної міської екологічної політики.

Ключові слова: міські парки; екосистемні послуги; функції міських зелених просторів; ефективність використання; рекреаційний ресурс; біорізноманіття.

Prokopenko N.V. Comprehensive development of the function of urban parks

It is now of the utmost importance to develop a system of urban green spaces, as well as a comprehensive study of the effectiveness of the implementation of the main functions of urban



© Прокопенко Н.В., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

parks as an important element of the ecological infrastructure of a modern city. The importance of green spaces in ensuring the sustainable development of urban areas is substantiated, particularly in the context of improving environmental conditions, enhancing the quality of life of the population, and forming a favorable social environment. Theoretical approaches to defining the functions of urban parks are considered, among which ecological, aesthetic, recreational, psychological, and educational functions are distinguished. Their role in the formation of ecosystem services and their impact on socio-economic processes within the urban environment are determined.

The empirical basis of the study consists of the results of a student survey conducted to assess the level of implementation of the functions of one of the urban parks. Based on the obtained data, a quantitative assessment of the effectiveness of each function was carried out using a five-point scale, which made it possible to identify their relative significance and the level of perception by users. It was found that the highest scores were obtained by the psychological and ecological functions, indicating their key importance for visitors. At the same time, the educational function is characterized by the lowest level of implementation, which indicates the presence of reserves for its development.

The influence of the frequency of visits and the duration of stay in the park on the formation of assessments of its functional effectiveness is analyzed. It is revealed that the frequency of visits has a significant impact on the level of evaluation, while the duration of stay is a less significant factor. The expediency of taking into account the behavioral characteristics of visitors in the formation of approaches to the management of urban green areas is additionally substantiated. The scientific novelty lies in the application of a comprehensive approach to assessing the functions of urban parks, taking into account the behavioral characteristics of users. The practical significance of the obtained results lies in the possibility of their use in planning measures to improve the functioning of urban green spaces, increase the efficiency of their use, and develop an effective urban environmental policy.

Key words: urban parks; ecosystem services; functions of urban green spaces; efficiency of use; recreational resource, biorisnomany

Актуальність теми дослідження. Сучасні міста дедалі частіше стикаються з наростанням екологічних викликів, передусім пов'язаних зі зміною клімату. У таких умовах міські зелені простори, зокрема парки, сади, зелені дахи, вуличні насадження забезпечують виконання широкого спектру екологічних, соціальних і медико-санітарних функцій, які сприяють пом'якшенню наслідків кліматичних змін і водночас підвищують якість життя мешканців міст.

Постановка проблеми. Міські парки являють собою зелені території, які виконують низку важливих функцій, спрямованих на підвищення естетичної привабливості міського середовища, підтримання екологічної рівноваги, стимулювання розвитку місцевої економіки, забезпечення освітніх можливостей, покращення психологічного стану населення та створення умов для відпочинку [1-3].

Естетичні функції міських парків полягають у їхньому внеску в підвищення візуальної привабливості міського простору. Різноманіття рослинності, зокрема дерев, чагарників і квітучих рослин, формує гармонійний природний ландшафт, який створює виразний контраст із урбанізованим середовищем, представленим бетонними та металевими конструкціями [4, 5]. Така зелена складова покращує загальне сприйняття міського ландшафту, надаючи мешканцям і гостям міста можливість відчувати близькість до природи навіть в умовах щільної забудови.

Естетично привабливі парки виконують також функцію мальовничих локацій для проведення культурних заходів і фотозйомки, сприяючи розвитку творчого самовираження та формуванню культурного середовища [5]. Водночас елементи благоустрою, такі як пішохідні доріжки, водні об'єкти та зони відпочинку, підвищують естетичну цінність парків і роблять їх привабливими для соціальної взаємодії та рекреаційної діяльності [6]. З урахуванням постійного зростання чисельності міського населення значення цих функцій лише посилюється.

Міські парки також виконують важливу освітню функцію, надаючи широкі можливості для навчання людей різного віку. Вони слугують простором для екологічної освіти, де відвідувачі можуть ознайомлюватися з особливостями місцевих екосистем і підходами до охорони природи. У багатьох парках організуються екскурсії з гідами, встановлюються інформаційні стенди, що сприяють поглибленню знань про екологічні проблеми та шляхи їх вирішення [2, 3]. Освітні програми, адаптовані до потреб закладів освіти, відіграють важливу роль у формуванні екологічної свідомості молоді [7]. Інтеграція освітніх компонентів у процес планування та розвитку парків сприяє підвищенню рівня залученості громади та формуванню більш обізнаного суспільства.

Психологічні переваги міських парків є надзвичайно важливими, оскільки вони сприяють підтриманню психічного та емоційного благополуччя населення. Доступ до зелених зон асоціюється зі зниженням рівня стресу та покращенням загального стану психічного здоров'я [8]. Дослідження свідчать, що перебування на природі забезпечує відновлювальний ефект, сприяє покращенню настрою та підвищенню когнітивних здібностей [2]. Крім того, можливості для соціальної взаємодії, які забезпечують парки, допомагають зменшити відчуття ізоляції та сприяють формуванню згуртованості громади. Такий зв'язок між наявністю зелених насаджень і станом психічного здоров'я є особливо значущим для міських територій, де рівень стресу зазвичай є вищим, а ризики психоемоційних розладів – більш вираженими.

Міські парки також відіграють важливу роль у стимулюванні фізичної активності та організації дозвілля, сприяючи формуванню здорового способу життя серед міського населення. Вони створюють умови для прогулянок, бігу, велоспорту та занять різними видами спорту, що є необхідним для підтримання фізичного здоров'я. Наявність інфраструктурних елементів, таких як дитячі майданчики та зони для пікніків, робить парки зручними для сімейного відпочинку та розширює спектр рекреаційних можливостей [9, 10]. Забезпечуючи доступне та безпечне середовище для фізичної активності, міські парки здатні істотно впливати на показники громадського здоров'я [11].

Таким чином, міські парки є невід'ємною складовою міського середовища, яка забезпечує суттєве підвищення якості життя населення завдяки ефективному виконанню комплексу функцій – екологічної, естетичної, освітньої, оздоровчої та інших [12].

Методика досліджень. Дослідження було здійснено методом анкетування студентів 1, 2 та 4 курсів Харківського національного автомобільно-дорожнього університету у 2021 році. В опитуванні взяли участь по 20 студентів першого та другого курсів і 18 студентів четвертого курсу, які навчаються за спеціальністю 101 «Екологія».

Запитання анкети були спрямовані на оцінювання виконання парками естетичної, екологічної, освітньої, психологічної та рекреаційної функцій за п'ятибальною шкалою, де 1 відповідає найнижчому рівню, а 5 – найвищому.

Опитування, використане в ході дослідження, стосувалося одного з міських парків Харкова – Молодіжного парку, розташованого в центральній частині міста, у Київському районі. На сьогодні Молодіжний парк займає близько 18 гектарів зеленої території. Одним із ключових принципів його функціонування є орієнтація на збереження природних ресурсів і формування екологічної свідомості. Працівники парку систематично проводять роботи з озеленення, здійснюють догляд за рослинністю та організовують екологічні заходи, спрямовані на підвищення рівня обізнаності населення щодо охорони навколишнього середовища.

Результати досліджень. За результатами дослідження встановлено, що психологічна (4,303) та екологічна (4,088) функції отримали найвищі середні оцінки, що свідчить про їх сприйняття як найбільш ефективно реалізованих. Оцінка естетичної функції (3,205) також вказує на достатньо високий рівень її реалізації, хоча й дещо нижчий порівняно з функціями-лідерами. Рекреаційна функція (3,0) характеризується середнім рівнем ефективності щодо задоволення потреб користувачів. Натомість освітня функція (2,005) отримала найнижчу оцінку, що свідчить про її недостатню реалізацію в межах паркового середовища.

Аналіз залежності оцінок функцій парку від курсу навчання студентів дозволив виявити певні особливості. Зокрема, студенти першого курсу надали найвищі оцінки рекреаційній функції парку. Студенти другого курсу продемонстрували найвищі середні значення оцінок екологічної та психологічної функцій. Водночас студенти четвертого курсу найвище оцінили саме екологічну функцію парку.

Оцінювання естетичної функції парку також виявило певні закономірності. У цьому випадку категоріальною змінною виступала частота відвідування парку, тоді як залежною змінною була оцінка естетичних характеристик. Найвищі середні бали за естетичні функції отримали студенти, які відвідують парк щоденно.

Крім того, як категоріальну змінну було розглянуто тривалість перебування в парку, тоді як залежною змінною виступала оцінка естетичних функцій. За результатами такого аналізу встановлено відсутність статистично значущих відмінностей у сприйнятті естетичної функції залежно від часу перебування в парку.

Під час оцінювання екологічної функції як категоріальні змінні використовувалися частота відвідування та тривалість перебування в парку, тоді як залежною змінною була оцінка екологічних функцій, надана студентами другого та четвертого курсів.

У результаті було виявлено наявність суттєвих відмінностей в оцінках екологічних функцій парку, зумовлених різними моделями його відвідування. Зокрема, респонденти, які відвідують парк 2–3 рази на місяць і перебувають у ньому від 10 до 30 хвилин, надають значно вищі оцінки реалізації екологічної функції порівняно з тими, хто проводить у парку від 1 до 2 годин, які, відповідно, оцінюють її нижче. Аналогічно, відвідувачі, які перебувають у парку від 10 до 30 хвилин і відвідують його раз на тиждень, демонструють значно нижчі оцінки порівняно з тими, хто відвідує парк щоденно і надає вищі бали. Крім того, респонденти, які перебувають у парку від 1 до 2 годин і відвідують його раз на місяць, оцінюють екологічну функцію значно вище, ніж ті, хто відвідує парк 2–3 рази на місяць і, відповідно, надає нижчі оцінки.

У межах дослідження також було запропоновано респондентам висловити власні пропозиції щодо підвищення ефективності реалізації цієї функції. Отримані пропозиції переважно стосувалися впровадження QR-кодів із інформаційними матеріалами про особливості парку, а також організації екскурсій із супроводом гіда. Окрім цього, окремі респонденти запропонували проведення освітніх семінарів і встановлення інформаційних стендів на території парків.

Значна частина запропонованих респондентами ідей була пов'язана з необхідністю впровадження елементів, спрямованих на розпізнавання видів найбільш поширених у Харкові (та загалом в Україні) дерев.

Під час дослідження рекреаційної функції парку як категоріальні змінні розглядалися частота відвідування та тривалість перебування в парку, тоді як залежною змінною виступала оцінка рекреаційної функції, надана студентами всіх курсів.

Зокрема, встановлено, що відвідувачі, які приходять до парку раз на тиждень і перебувають у ньому від 10 до 30 хвилин, надають суттєво вищі оцінки реалізації рекреаційної функції порівняно з тими, хто проводить у парку від 30 до 60 хвилин і, відповідно, оцінює її нижче. Крім того, респонденти, які перебувають у парку від 10 до 30 хвилин, також демонструють значно вищі оцінки, ніж ті, хто проводить у ньому менше 10 хвилин.

Серед відвідувачів, які відвідують парк раз на місяць, було виявлено, що ті, хто перебуває в ньому від 1 до 2 годин, оцінюють рекреаційну функцію значно вище порівняно з респондентами, які проводять у парку від 30 до 60 хвилин і, відповідно, надають нижчі оцінки.

При аналізі психологічної функції як категоріальні змінні використовувалися частота відвідування парку та тривалість перебування в ньому, тоді як залежною змінною була оцінка психологічної функції, надана студентами всіх курсів.

Відвідувачі, які відвідують парк раз на тиждень і перебувають у ньому від 30 до 60 хвилин, надають значно вищі оцінки, ніж ті, хто проводить у парку менше 10 хвилин і, відповідно, виставляє значно нижчі бали. Подібна закономірність спостерігається і для відвідувачів, які перебувають у парку від 10 до 30 хвилин щотижня: вони оцінюють психологічну функцію вище, ніж ті, хто залишається менш ніж на 10 хвилин. Респонденти, які відвідують парк раз на місяць і перебувають у ньому від 1 до 2 годин, також демонструють суттєво вищі оцінки порівняно з тими, хто проводить у парку від 30 до 60 хвилин. Крім того, відвідувачі, які перебувають у парку менше 10 хвилин і відвідують його раз на тиждень, надають значно нижчі оцінки порівняно з тими, хто відвідує парк раз на місяць. Аналогічно, ця ж група (менше 10 хвилин, раз на тиждень) оцінює психологічну функцію нижче, ніж відвідувачі, які приходять до парку 2–3 рази на місяць і, відповідно, надають вищі бали.

Таким чином, можна зробити висновок, що функції парку можуть бути достатньо адекватно оцінені за допомогою анкетування з використанням п'ятибальної шкали. Отримані результати свідчать про наявність чіткої залежності між оцінками функцій парку та частотою його відвідування: студенти, які частіше відвідують парк, як правило, надають вищі бали за всі функції, тоді як рідше відвідувачі оцінюють їх нижче. Водночас тривалість перебування в парку загалом не демонструє суттєвого зв'язку з оцінками функцій, за винятком психологічної функції. Зокрема, оцінювання психологічних переваг пов'язане як із частотою відвідувань, так і з тривалістю перебування, тоді як оцінювання інших функцій залежить переважно лише від частоти відвідувань.

Найвищі оцінки отримали психологічна та екологічна функції парку. Високий рівень оцінювання екологічної функції пояснюється значним біорізноманіттям території парку [1], а також його вагомим внеском у регулювання кліматичних умов і покращення якості повітря [8]. Високі оцінки психологічної функції зумовлені тим, що основні мотиви відвідування парку студентами – спілкування, відпочинок і рекреація [1, 3, 5] – безпосередньо впливають на сприйняття ними психологічних переваг.

Естетична функція парку отримала середній бал 3,205, що свідчить про достатній, але не максимальний рівень задоволеності його візуальною привабливістю. Водночас екологічна функція була оцінена на рівні 4,088, що дозволяє віднести її до числа найбільш значущих і ефективно реалізованих функцій поряд із психологічною.

Освітня функція міського Молодіжного парку була оцінена на рівні 2,005, що свідчить про дещо нижчий за середній рівень її реалізації. У межах дослідження

також було проаналізовано можливі напрями підвищення ефективності виконання освітньої функції парків. Пропозиції респондентів переважно стосувалися впровадження QR-кодів, які надають інформацію про особливості парку, а також організації екскурсій із супроводом гіда. Окрім цього, окремі учасники опитування запропонували проведення освітніх семінарів і розміщення інформаційних стендів на території парків з метою активізації залучення відвідувачів і сприяння освітньому процесу.

Рекреаційна функція Молодіжного парку отримала оцінку 3,0, що свідчить про середній рівень її реалізації та наявність потенціалу для подальшого розвитку. Посилення цієї функції може сприяти підвищенню туристичної привабливості та соціальної значущості парку. Завдяки впровадженню додаткових елементів інфраструктури, організації рекреаційних заходів і покращенню доступності, парк може стати більш привабливим як для місцевих жителів, так і для відвідувачів, зміцнюючи свою роль як одного з ключових об'єктів міського середовища. Міські парки виконують не лише функцію відпочинку для мешканців, але й виступають важливими туристичними локаціями, приваблюючи відвідувачів з інших районів і підвищуючи загальну привабливість міста [2].

Психологічна функція Молодіжного парку була оцінена найвище – на рівні 4,303. Дослідження підтверджують, що зниження рівня психологічного стресу, зокрема тривожності та депресивних станів, тісно пов'язане з наявністю доступу до зелених зон у межах проживання. Такі характеристики, як доступність, якість і безпека зелених просторів, відіграють ключову роль у покращенні психічного здоров'я населення [7, 9, 12]. Відповідно, удосконалення цих параметрів у міських парках може суттєво посилити їхній позитивний вплив на психологічне благополуччя громади.

У економічному аспекті міські парки забезпечують як прямі, так і опосередковані вигоди, переважно на локальному рівні. До прямих ефектів належить створення робочих місць у сфері обслуговування та експлуатації парків, а також зростання вартості нерухомості в районах, прилеглих до зелених зон. Непрямі переваги пов'язані з наданням екосистемних послуг, зокрема поглинанням вуглецю, покращенням якості повітря та регулюванням кліматичних умов, що, у свою чергу, сприяє зниженню енергоспоживання та формує додаткові економічні вигоди [1].

Висновки та перспективи подальших досліджень. У цій статті здійснюється аналіз таких функцій міських парків: естетичної, екологічної, рекреаційної, психологічної та освітньої. Оцінювання проводилося за результатами анкетування, проведеного серед студентів-екологів Харківського національного автомобільно-дорожнього університету. У цілому міські парки отримали позитивні оцінки, причому найвищі бали були присвоєні екологічній, естетичній та психологічній функціям, тоді як найнижчі – освітній функції. Результати дослідження свідчать про те, що на оцінювання функцій парку суттєво впливає частота його відвідування: респонденти, які відвідують парки частіше, як правило, надають вищі оцінки за всіма функціями. Водночас тривалість перебування в парку практично не впливає на загальні оцінки, за винятком психологічної функції, для якої такий зв'язок простежується. Важливо підкреслити, що вибірка дослідження була представлена студентами-екологами, тому отримані результати можуть відображати специфічні професійні уявлення і відрізнятися від оцінок широкої громадськості або осіб, які не мають спеціальної підготовки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Вернігорова Н. В. Екосистемні послуги парків та їх оцінка. *Економічні інновації*, 2022, Вип. 24(83), С. 53-65 с. DOI: [https://doi.org/10.31520/ei.2022.24.2\(83\).53-65](https://doi.org/10.31520/ei.2022.24.2(83).53-65)
2. Vernihorova N. V. Ecological urbanism as a factor of socio-economic and ecological development of modern cities and balanced use of nature. *Economics and Law*, 2019, № 4(55), С. 108-115. DOI: <https://doi.org/10.15407/econlaw.2019.04.108>
3. Geng D., Innes J., Wu W. Impacts of COVID-19 pandemic on urban park visitation: a global analysis. *J. For. Res.* 2021, № 32, P. 553–567. <https://doi.org/10.1007/s11676-020-01249>
4. Moyle B.D., Weiler B. Revisiting the Importance of Visitation: Public Perceptions of Park Benefits. *Tour. Hosp. Res.* 2016, № 16, P. 380–393. <https://doi.org/10.1177/1467358416638918>
5. Larson L.R., Jennings V. Public Parks and Wellbeing in Urban Areas of the United States. *PLoS ONE* 2016, Vol. 11, e0153211 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0153211>
6. Srdjevic B., Srdjevic Z., Lakicevic M. Urban Greening and Provisioning of Ecosystem Services within Hesitant Decision Making Framework. *Urban For. Urban Green.* 2019, Vol. 43, 126371 <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.126371>
7. Shafee F.A.A., Kamaruddin S.M. The Effective Characteristics of an Urban Park through Visitors' Perception. Case Study: KLCC Park. *Built Environ. J.* 2019, № 16, P. 1–14. <https://doi.org/10.24191/bej.v16i2.9692>
8. Lakicevic M., Srdjevic B. An Approach to Developing the Multicriteria Optimal Forest Management Plan: The “Fruska Gora” National Park Case Study. *Land* 2022, № 11, 1671 <https://doi.org/10.3390/land11101671>
9. Bosch M.v.d., Mudu P., Uscila, V.; Barrdahl, M.; Kulinkina, A.V.; Staatsen, B.; Egorov, A.I. Development of an Urban Green Space Indicator and the Public Health Rationale. *Scand. J. Public Health* 2015, Vol. 44, P. 159–167. <https://doi.org/10.1177/1403494815615444>
10. Nor A.N.M., Abdullah S.A. Developing Urban Green Space Classification System Using Multi-Criteria: The Case of Kuala Lumpur City, Malaysia. *J. Landsc. Ecol.* 2019, Vol. 12, P. 16–36 <https://doi.org/10.2478/jlecol-2019-0002>
11. Enßle-Reinhardt F., Kabisch N. Urban Green Spaces for the Social Interaction, Health, and Well-Being of Older People—An Integrated View of Urban Ecosystem Services and Socio-Environmental Justice. *Environ. Sci. Policy* 2020, Vol. 109, P. 36–44 <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2020.04.008>
12. Jin T., Lu J. Exploring the Impact of Visual and Aural Elements in Urban Parks on Human Behavior and Emotional Responses. *Land* 2024, № 13, 1468 <https://doi.org/10.3390/land13091468>

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 636.5:549.95

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.3.41>

ВМІСТ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ І МІКРОЕЛЕМЕНТІВ У ТКАНИНАХ СВІЙСЬКОЇ ПТИЦІ ЗА ДОМАШНЬОГО ТА ПРОМИСЛОВОГО ВИРОЩУВАННЯ

Разанов С.Ф. – д.с.-г.н.,

професор кафедри екології та захисту довкілля,

Львівський національний університет ветеринарної медицини

та біотехнологій імені С. З. Гжицького

orcid.org/0000-0002-4883-2696**Тесля Д.М.** – аспірант кафедри екології та захисту довкілля,

Львівський національний університет ветеринарної медицини

та біотехнологій імені С. З. Гжицького

orcid.org/0009-0009-0782-038X

Проблема забруднення агроєкосистем токсичними елементами залишається актуальною для птахівництва, оскільки важкі метали, зокрема свинець (Pb) і кадмій (Cd), можуть надходити в організм птиці з кормами, водою та компонентами довкілля й накопичуватися у тканинах, впливаючи на безпечність продукції. Водночас мікроелементи цинк (Zn) і мідь (Cu) є необхідними для нормального обміну речовин та продуктивності, проте за підвищених концентрацій також здатні спричиняти небажані фізіологічні зрушення. За умов як промислового, так і домашнього вирощування бройлерів особливої значущості набуває порівняльна оцінка рівнів накопичення досліджуваних елементів у різних тканинах птиці.

Метою дослідження було визначити вміст Pb, Cd, Zn і Cu у м'язевій, жировій та кістковій тканинах бройлерів кросу КОВВ-500 за домашнього та промислового вирощування. Визначення елементів проводили після підготовки проб із застосуванням атомно-абсорбційного методу, результати порівнювали з нормативами та обчислювали коефіцієнт небезпеки як відношення фактичної концентрації до допустимого рівня.

Встановлено, що за домашнього вирощування рівні Pb і Cd у досліджених тканинах були вищими, ніж за промислового. Нормативно значущі перевищення зафіксовано для Pb у кістковій тканині (у 1,56 раза), а для Cd – у м'язевій (у 1,24 раза) та кістковій тканинах (у 2,20 раза). За промислового вирощування перевищень допустимих рівнів для Pb і Cd не виявлено, хоча кісткова тканина була найближчою до граничного значення за Cd. Для Zn і Cu перевищень нормативів не встановлено; водночас Cu характеризувався найбільшим наближенням до допустимого рівня (у кістковій тканині за домашнього вирощування), а максимальне значення для Zn у кістковій тканині за промислового вирощування.

У підсумку встановлено, що ефективне забезпечення безпечності продукції бройлерів потребує одночасного контролю Pb, Cd, Zn, Cu у тканинах, оскільки за домашнього вирощування ризик перевищень є вищим.

Ключові слова: тканини птиці, Pb, Cd, Zn, Cu, вирощування, коефіцієнт небезпеки.

Razanov S.F., Teslia D.M. Content of heavy metals and trace elements in the tissues of domestic poultry under backyard and industrial rearing conditions

The problem of agroecosystem contamination with toxic elements remains relevant for poultry production, since heavy metals – particularly lead (Pb) and cadmium (Cd) – can enter the bird's body with feed, water, and environmental components and accumulate in tissues, thereby affecting product safety. At the same time, the trace elements zinc (Zn) and copper (Cu) are essential for normal metabolism and productivity; however, at elevated concentrations they may also cause undesirable physiological changes. Under both industrial and backyard broiler



© Разанов С.Ф., Тесля Д.М., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

rearing conditions, a comparative assessment of the accumulation levels of the studied elements in different poultry tissues is of particular importance.

The aim of the study was to determine the contents of Pb, Cd, Zn, and Cu in the muscle, adipose, and bone tissues of COBB-500 broilers reared under backyard and industrial conditions. Element concentrations were measured after sample preparation using atomic absorption spectrometry; the results were compared with regulatory limits, and the hazard coefficient was calculated as the ratio of the measured concentration to the permissible level.

It was found that under backyard rearing conditions, Pb and Cd levels in the examined tissues were higher than those under industrial rearing. Statistically and regulatorily meaningful exceedances were recorded for Pb in bone tissue (1.56-fold), and for Cd in muscle tissue (1.24-fold) and bone tissue (2.20-fold). Under industrial rearing, no exceedances of the permissible levels for Pb and Cd were detected, although bone tissue showed the closest values to the Cd limit. No exceedances of regulatory limits were observed for Zn and Cu; however, Cu showed the greatest proximity to its permissible level (in bone tissue under backyard rearing), while the highest Zn value was recorded in bone tissue under industrial rearing.

In summary, ensuring the safety of broiler products requires simultaneous monitoring of Pb, Cd, Zn, and Cu in tissues, since the risk of exceedances is higher under backyard rearing conditions.

Key words: *poultry tissues, Pb, Cd, Zn, Cu, rearing conditions, hazard coefficient.*

Постановка проблеми. Безпечність продукції птахівництва значною мірою визначається вмістом у ній токсичних елементів, насамперед свинцю (Pb) і кадмію (Cd), які можуть надходити до організму птиці з кормами, водою та компонентами середовища й накопичуватися в тканинах. Поряд із цим важливим є контроль мікроелементів, зокрема, цинку (Zn) та міді (Cu), оскільки їхній рівень відображає мінеральний статус птиці та впливає на перебіг обмінних процесів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В останні роки питання забруднення продукції тваринництва, зокрема птахівництва, важкими металами розглядають як один із важливих викликів для харчової безпеки. Найбільшу увагу приділяють Pb і Cd, оскільки ці елементи характеризуються кумулятивною дією, можуть тривалий час зберігатися у компонентах довкілля та залучатися до трофічних ланцюгів [1-2]. Доведено, що навіть за відсутності різко виражених клінічних проявів у птиці хронічне надходження Pb і Cd здатне призводити до небажаних метаболічних зрушень і накопичення токсикантів у тканинах та органах [3].

Провідним серед основних шляхів надходження важких металів у продукцію птахівництва є трофічний шлях, зокрема, ґрунт → рослини → корми → птиця → продукція → людина [1, 4]. При цьому Pb і Cd відносять до найтоксичніших забруднювачів ще й тому, що вони не руйнуються у ґрунті та воді, а зберігаються і переносяться по ланцюгу живлення, спричиняючи приховані порушення обміну речовин у тварин і людини [2].

Основними чинниками забруднення ґрунтів, що зумовлюють підвищення рівнів важких металів у зеленій масі та зерні, вважають діяльність металургійної, гірничодобувної, нафтохімічної й хімічної промисловості, енергетики та автотранспорту, а також застосування в агросфері пестицидів, інсектицидів і добрив [5-8]. Важкі метали, зокрема, Cd може надходити в організм аліментарним шляхом (через шлунково-кишковий тракт), інгаляційно (через органи дихання) і, значно рідше, через шкіру; при цьому рівень його засвоєння залежить від шляху надходження. Окремо підкреслюють роль води та пилових домішок у кормах як додаткових чинників формування кадмієвого навантаження, особливо за утримання птиці в умовах підвищеної запиленості або поблизу потенційних джерел забруднення. Також зазначається, що Zn може знижувати абсорбцію Cd, що важливо враховувати під час оцінки мінерального забезпечення раціону та ризику накопичення Cd [3].

Дослідження, присвячені розподілу Pb і Cd в організмі птиці, показують тканину та органу вибірковість накопичення. Найчастіше вказують на підвищені рівні в печінці та нирках як органах детоксикації, а також на здатність кісткової тканини накопичувати токсиканти за тривалого надходження [9]. Це обґрунтовує необхідність оцінювати не лише м'язову тканину як основний харчовий продукт, а й інші тканини, які можуть бути депо токсичних елементів [10]. У частині робіт також підкреслюється, що рівні Pb і Cd у продукції можуть змінюватися залежно від способу утримання, віку та особливостей годівлі, що пояснюють різною інтенсивністю контакту з факторами середовища та відмінностями у складі кормової бази [11].

Паралельно із токсикантами сучасні публікації акцентують значення мікроелементів, насамперед цинку (Zn) і міді (Cu), як необхідних компонентів мінерального живлення птиці. Зокрема, Zn і Cu беруть участь у роботі ферментних систем, підтримують обмін речовин, імунну відповідь, антиоксидантний захист та процеси формування кісток і сполучної тканини. Водночас, як дефіцит, так і надлишок мікроелементів є небажаними, адже за їх нестачі погіршуються ріст і продуктивність, а за підвищених концентрацій можливі метаболічні порушення, антагоністичні взаємодії між елементами та ознаки токсичної дії [12-13]. Тому необхідно оцінювати мікроелементи у поєднанні з контролем важких металів, зважаючи на те, що мінеральний профіль тканин формується під впливом кормів, води й умов утримання.

У роботах з годівлі підкреслюється, що для реалізації продуктивного потенціалу сучасних кросів бройлерів потрібні якісні, збалансовані корми та контроль мінерального складу. Окремо обговорюють також вплив форм мікроелементів у раціоні, зокрема, поряд із неорганічними солями дедалі частіше розглядають органічні (хелатні) форми як такі, що можуть краще засвоюватися [12, 14]. Актуальність таких досліджень посилюється тим, що птахівництво розвивається як галузь, покликана забезпечувати населення м'ясом і яйцями на рівні фізіологічно обґрунтованих норм харчування, а ринок висуває високі вимоги до якості продукції. Для реалізації потенціалу високопродуктивних порід птиці ключовою умовою називають якісні та збалансовані корми [12].

Водночас велика частка продукції походить із домашніх (індивідуальних) господарств, де контроль кормів і готової продукції часто є обмеженим, що підвищує актуальність моніторингу токсикантів [11]. Оскільки виробництво яєць і м'яса бройлерів має стратегічне значення, системний контроль кормової бази та мінерального живлення є необхідним для підтримання продуктивності й одержання стабільно якісної продукції [13].

Отже, Pb і Cd є небезпечними елементами через здатність надходити з багатьох джерел та мігрувати у харчовому ланцюгу, тоді як Zn і Cu є життєво необхідними, але потребують контролю через ризики дисбалансу [2, 14-16]. Водночас порівняльні дані щодо вмісту Pb, Cd, Zn і Cu у різних тканинах бройлерів за домашнього та промислового вирощування висвітлено недостатньо, що обґрунтовує актуальність проведення таких досліджень.

Мета дослідження – дослідити інтенсивність накопичення важких металів і мікроелементів у різних тканинах свійської птиці за домашнього та промислового вирощування.

Матеріали та методика досліджень. Об'єктом досліджень була свійська птиця (бройлери КОВВ-500), вирощена за домашнього та промислового утримання, а предметом – вміст важких металів (Pb, Cd) і мікроелементів (Zn, Cu) у тканинах організму (м'язева, жирова, кісткова).

Проби відбирали, маркували та готували до аналізу за стандартними вимогами. Оцінку безпечності проводили шляхом порівняння фактичних концентрацій із допустимими рівнями (ДР). Додатково розраховували коефіцієнт небезпеки (Кн) як відношення фактичного вмісту елемента до його допустимого рівня. Вміст важких металів визначали атомно-абсорбційним методом. Статистичну обробку результатів проводили загальноприйнятими методами.

Результати досліджень. За результатами досліджень (табл. 1) встановлено, що вміст важких металів в організмі птиці істотно залежав як від типу тканини, так і від умов її вирощування.

Таблиця 1

Вміст важких металів у різних тканинах птиці, мг/кг

Тканина птиці	Птиця (домашні умови вирощування)				Птиця (промислові умови вирощування)			
	Pb факт	ДР (Pb)	Cd факт	ДР (Cd)	Pb факт	ДР (Pb)	Cd факт	ДР (Cd)
М'язева	0,42± 0,027	0,5	0,062± 0,003	0,05	0,21± 0,013	0,5	0,041± 0,0014	0,05
Жирова	0,08± 0,012	0,5	0,021± 0,002	0,05	0,05± 0,0031	0,5	0,012± 0,0034	0,05
Кісткова	0,78± 0,029	0,5	0,11± 0,095	0,05	0,34±0,022	0,5	0,047± 0,0031	0,05

Порівняльний аналіз двох систем вирощування засвідчив, що за домашнього вирощування у досліджуваних тканинах птиці спостерігалися вищі концентрації важких металів порівняно із промисловим вирощуванням. Так, для Pb перевищення за домашнього вирощування птиці відносно промислового вирощування становило, зокрема, у 2,0 раза в м'язевій тканині, у 1,6 раза – у жировій та у 2,29 раза – у кістковій. Для Cd відповідні співвідношення дорівнювали у 1,51 раза (м'язева), у 1,75 раза (жирова) та у 2,34 раза (кісткова). Отже, найбільш виражені міжгрупові відмінності були виявлені у кістковій тканині, що може підтверджувати її роль як основного депо важких металів.

Оцінка відповідності нормативам показала, що вміст Pb у птиці за домашнього вирощування перевищував ДР лише в кістковій тканині (у 1,56 раза), тоді як у м'язевій і жировій тканинах перевищень нормативного показника не виявлено. У птиці за промислового вирощування перевищень ДР для Pb не виявлено в жодній тканині. Для Cd у птиці за домашнього вирощування зафіксовано перевищення ДР у м'язевій тканині – у 1,24 раза та у кістковій – у 2,20 раза; натомість у жировій тканині показники відповідали ДР. У птиці за промислового вирощування вміст Cd не перевищував ДР у всіх тканинах, однак кісткова тканина виявилася найближчою до допустимого рівня, що необхідно враховувати під час подальшого контролю.

Таким чином, дані табл. 1 вказують, що домашнє вирощування супроводжується вищим рівнем акумуляції Pb і Cd та наявністю нормативно значущих перевищень (переважно у кістковій, а для Cd також і у м'язевій тканині). Для промислового вирощування характерні нижчі рівні металів і відсутність перевищень ДР, що може відображати більш контрольовані умови годівлі та водопостачання і загалом кращу керованість факторів надходження токсикантів у трофічний ланцюг.

Цинк і мідь належать до ключових мікроелементів, без яких неможливі

нормальний ріст і продуктивність свійської птиці. Цинк (Zn) бере участь у роботі численних ферментних систем, підтримує білковий і вуглеводний обмін, впливає на формування кістяка, стан шкіри та оперення, а також на стійкість організму до стресових чинників. Мідь (Cu) є важливою для процесів кровотворення, антиоксидантного захисту, синтезу сполучної тканини та пігментації, а також опосередковано впливає на засвоєння заліза й загальний мінеральний баланс. За умов недостатнього надходження цих елементів можуть погіршуватися темпи росту, конверсія корму та показники якості продукції, тоді як надлишок, навпаки, здатний порушувати фізіологічну рівновагу й викликати небажані метаболічні зміни. Саме тому поряд із контролем токсичних елементів доцільним є оцінювання забезпеченості птиці життєво необхідними мікроелементами та перевірка їх відповідності нормативам.

У зв'язку з цим у таблиці 2 наведено результати визначення вмісту Zn і Cu у м'язевій, жировій та кістковій тканинах птиці за домашнього і промислового вирощування із порівнянням отриманих значень із допустимими рівнями, що дає змогу об'єктивно оцінити особливості накопичення у тканинах цих мікроелементів.

Таблиця 2

Вміст мікроелементів у тканинах птиці, мг/кг

Тканина птиці	Птиця (домашні умови вирощування)				Птиця (промислові умови вирощування)			
	Zn факт	ДР (Zn)	Cu факт	ДР (Cu)	Zn факт	ДР (Zn)	Cu факт	ДР (Cu)
М'язева	21± 1,5	70	3,7± 0,43	5,0	33± 0,82	70	4,4± 0,89	5,0
Жирова	7,8± 0,37	70	1,8± 0,37	5,0	11,3± 0,71	70	2,2± 0,14	5,0
Кісткова	30± 1,3	70	4,9± 0,44	5,0	51± 1,2	70	4,3± 0,21	5,0

Оцінка відповідності допустимим рівням показала, що для Zn за домашнього вирощування птиці перевищень ДР не встановлено в жодній тканині, зокрема, у м'язевій тканині рівень був нижчим за ДР у 3,33 раза, у жировій – у 8,97 раза, у кістковій – у 2,33 раза. За промислового вирощування птиці Zn також не перевищував ДР, зокрема, у м'язевій тканині він був нижчим за ДР у 2,12 раза, у жировій – у 6,19 раза, а у кістковій – у 1,37 раза, тобто саме кісткова тканина (за промислового вирощування) була найближчою до граничного рівня, що варто враховувати під час подальшого контролю.

Для Cu за домашнього вирощування птиці перевищень ДР також не зафіксовано, однак ступінь наближення до ДР був вищим, ніж для Zn, зокрема, у м'язевій тканині Cu був нижчим за ДР у 1,35 раза, у жировій – у 2,78 раза, а в кістковій – у 1,02 раза (тобто практично на рівні ДР, але без перевищення). За промислового вирощування птиці Cu не перевищував ДР у всіх тканинах, зокрема, у м'язевій був у 1,14 раза нижче ДР, у жировій – у 2,27 раза, у кістковій – у 1,16 раза.

Для оцінки ступеню наближення показників до допустимих рівнів та порівняння ризику між різними тканинами і умовами вирощування було виконано розрахунок коефіцієнтів небезпеки, Кн (рис. 1-4).

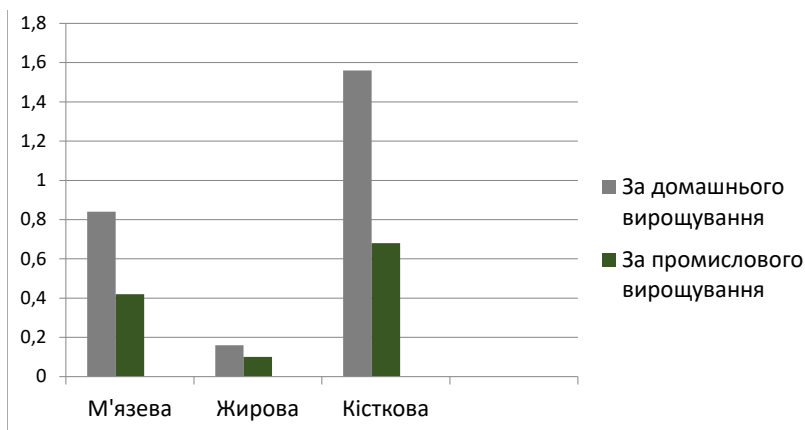


Рис. 1. Коефіцієнт небезпеки Pb у тканинах птиці за різних умов вирощування

Розрахунок коефіцієнта небезпеки Pb (рис. 1) показав, що в м'язевій та жировій тканинах коефіцієнт небезпеки Pb був менше за 1 як за домашнього, так і за промислового вирощування, тобто вміст Pb не перевищував допустимий рівень. Водночас у кістковій тканині домашньої птиці встановлено $K_n Pb = 1,56$, що свідчить про перевищення ДР. За промислового вирощування коефіцієнт небезпеки Pb у кістковій тканині залишався нижчим за 1 (0,68), що вказує на відсутність ризику за цим показником.

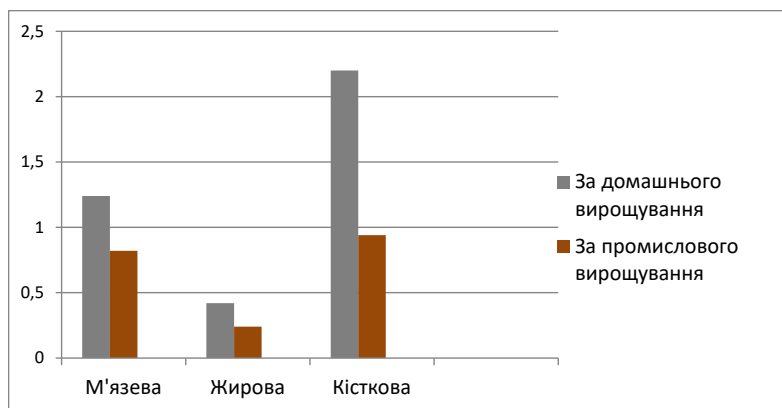


Рис. 2. Коефіцієнт небезпеки Cd у тканинах птиці за різних умов вирощування

Розрахунок коефіцієнта небезпеки Cd (рис. 2) показав, що за домашнього вирощування у м'язевій та кістковій тканинах значення перевищують 1 (відповідно 1,24 і 2,20), тобто фактичний вміст Cd перевищує допустимий рівень; максимальне значення коефіцієнта небезпеки зафіксовано в кістковій тканині. У жировій тканині птиці коефіцієнт небезпеки Cd становив 0,42, тобто залишався нижчим за норматив. За промислового вирощування коефіцієнт небезпеки Cd у всіх тканинах менший за 1, при цьому кісткова тканина є найближчою до граничного рівня (0,94).

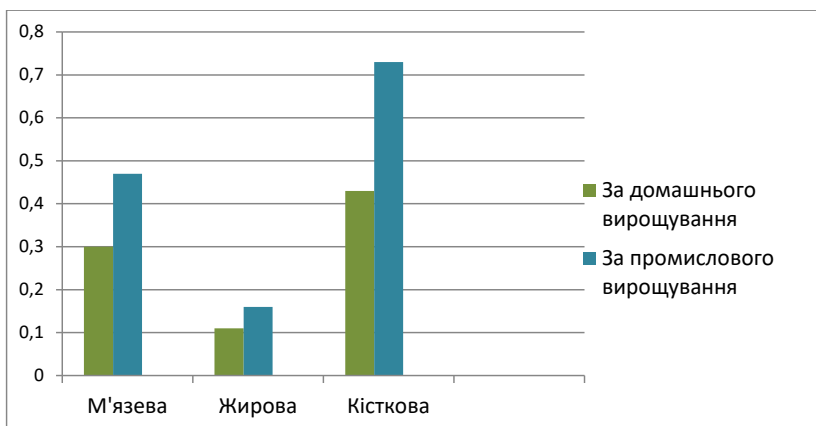


Рис. 3. Коефіцієнт безпеки Zn у тканинах птиці за різних умов вирощування

Значення коефіцієнта безпеки Zn (рис. 3) у всіх тканинах були менші за 1, тобто вміст Zn не перевищував ДР. Найвищі значення коефіцієнта безпеки спостерігалися в кістковій тканині, особливо за промислового вирощування (0,73), що відображає інтенсивніше депонування Zn у кісткових тканинах. Мінімальні значення коефіцієнта безпеки Zn характерні для жирової тканини.

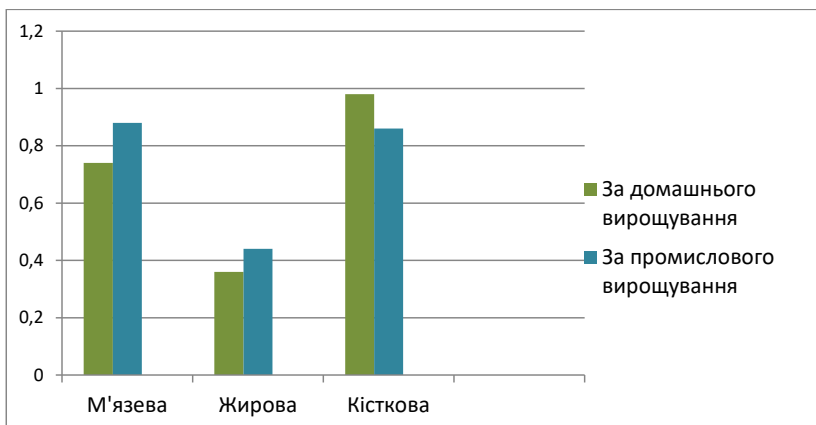


Рис. 4. Коефіцієнт безпеки Si у тканинах птиці за різних умов вирощування

Значення коефіцієнта безпеки Si у всіх тканинах також не перевищували 1, отже перевищень нормативних значень не було встановлено (рис. 4). Водночас Si характеризувався найбільшим наближенням до ДР порівняно із Zn, адже максимальне значення коефіцієнта безпеки Si зафіксовано в кістковій тканині птиці за домашнього вирощування (0,98). За промислового вирощування найвищі значення коефіцієнта безпеки Si також припадали на м'язеву та кісткову тканини (0,88 і 0,86 відповідно), тоді як у жировій тканині коефіцієнт безпеки Si залишалися найнижчим (0,36-0,44).

Висновки та перспективи подальших досліджень. Отримані результати свідчать, що рівні елементів у птиці визначаються як типом тканини, так і системою утримання, зокрема, за домашнього вирощування вміст Pb і Cd у всіх досліджених тканинах був вищим, ніж за промислового, причому найбільш виражені відмінності припадали на кісткову тканину, що підтверджує її роль як основного депо важких металів. Оцінка відповідності нормативам показала, що в домашній групі для Pb перевищення ДР встановлено лише в кістковій тканині (у 1,56 раза), тоді як у м'язевій і жировій тканинах показники залишалися в межах допустимого; для Cd у домашній групі зафіксовано перевищення ДР у м'язевій тканині (у 1,24 раза) та кістковій (у 2,20 раза), тоді як у жировій тканині значення відповідали ДР. За промислового вирощування перевищень ДР для Pb і Cd у тканинах птиці не виявлено, однак кісткова тканина була найближчою до граничного рівня за Cd, що доцільно враховувати під час подальшого контролю. Для мікроелементів (Zn, Cu) у тканинах птиці перевищень ДР також не встановлено, водночас Cu характеризувався суттєво більшим наближенням до нормативної межі, ніж Zn.

Розрахунок коефіцієнтів накопичення показав, що найбільші значення були характерні для кісткової тканини. За домашнього вирощування встановлено нормативно значуще накопичення, зокрема, коефіцієнт накопичення Pb дорівнював 1,56 у кістковій тканині, Cd – 1,24 у м'язевій і 2,20 у кістковій тканині. За промислового вирощування для Pb і Cd у всіх тканинах коефіцієнт накопичення був менше одиниці. Для Zn і Cu за домашнього й промислового вирощування також коефіцієнт накопичення був менше одиниці, однак Cu виявився найближчим до граничного рівня.

Перспективним є розширення досліджень із урахуванням віку птиці, сезонності та якості кормів/води, а також перевірка ефективності заходів зниження надходження важких металів у продукцію.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Кураєва І.В., Сплодитель А.О. Розподіл важких металів у системі "грунт-рослина" в ландшафтах природоохоронних територій. *Геохімія техногенезу*. 2020. Вип. 3. С. 79-89. DOI: <https://doi.org/10.15407/geotech2020.31.079>
2. Савченко Ю.І., Савчук І.М., Ковальова С.П. Концентрація ¹³⁷Cs і важких металів у м'ясі качок, вирощених у різних зонах радіоактивного забруднення. *Вісник аграрної науки*. 2017. № 3. С. 31-38.
3. Шаторна В.Ф., Онул Н.М., Земляний О.А., Стрижак О.В. Зміни морфогенезу кісткової тканини під впливом важких металів (огляд даних наукової літератури). *Перспективи та інновації науки (Серія "Педагогіка", Серія "Психологія", Серія "Медицина")*. 2024. № 2. С. 1308-1318.
4. Razanov S., Husak O., Hnativ P., Dydiv A., Bakhmat O., Stepanchenko V., Pryshchepa A., Shcherbachuk V., Mazurak O. The Influence of the Gray Forest Soil Moisture Level on the Accumulation of Pb, Cd, Zn, Cu in Spring Barley Grain. *Journal of Ecological Engineering*. 2023. 24(7). 285-292. DOI : <https://doi.org/10.12911/22998993/164747>
5. Лисанчук Ю. Шляхи надходження важких металів у навколишнє середовище та їх вплив на організм птиці. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Агрономія*. 2013. № 17(2). С. 422-426.
6. Разанов С.Ф., Ткачук О.П. Інтенсивна хімізація землеробства – як передумова забруднення зернової продукції важкими металами. *Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва*. 2017. № 1 (134). С. 70-75.
7. Пацева І.Г., Герасимчук Л.О., Валерко Р.А., Сікач Т.І., Івашкіна О.Л. Концентрація важких металів у фітомасі злакових культур. *Екологічні науки*. 2024. № 3. С. 91-94.

8. Razanov S.F., Tyrus M.L., Razanova A.M., Kovka N.S., Nedashkivska V.V. Lead accumulation and removal by amaranth cultivation on grey forest soils in Western Ukraine. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2025. Вип. 145 (2). С.356-363. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.145.2.38>
9. Вахуткевич І.Ю., Снітинський В.В. Вміст важких металів в органах і тканинах птиці. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій ім. Гжицького*. 2014. Т. 16, № 2(3). С. 269-274.
10. Остап'юк А.Ю., Гутий Б.В. Вплив кадмієвого навантаження на морфологічні показники крові птиці. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького. Серія : Ветеринарні науки*. 2018. Т. 20, № 88. С. 48-52.
11. Ковальова С. Вікова динаміка вмісту важких металів у м'язах качок. *Тваринництво України*. 2013. № 3. С. 14-17.
12. Тимошенко Р.В., Опанасенко Ю.М., Вієвський Г.С. Вплив органічних мікроелементів на продуктивність птиці. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія : Ветеринарна медицина*. 2018. Вип. 1. С. 50-53.
13. Борковський Р.О., Березовський А.В. Перспективи використання макро- та мікроелементів у годівлі птиці. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького. Серія : Ветеринарні науки*. 2023. Т. 25, № 112. С. 67-72.
14. Сакара В.С., Мельник А.Ю., Харченко А.В. Профілактична ефективність застосування хелатів мікроелементів під час вирощування сільськогосподарської птиці (огляд). *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького. Серія : Ветеринарні науки*. 2021. Т. 23, № 101. С. 113-123.
15. Шевченко Л.В., Михальська В.М., Малюга Л.В., Поляковський В.М. Комплексні сполуки мікроелементів – сучасні засоби профілактики хвороб птиці. *Біоресурси і природокористування*. 2014. Т. 6, № 1-2. С. 67-70 .
16. Razanov S.F., Husak O.B., Tkalic Y.I., Vradii O.I., Aleksieiev O.O., Verhelis V.I., Razanova A.M. Influence of Soil Moisture Level on the Translocation of Plumbum and Cadmium in the Grains of Winter Cereals. *Agrology*. 2022. 5 (4):122-125. DOI: 10.32819/021119. <https://agrologyjournal.com/index.php/agrology/article/view/113>

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 581.192:632.7:582.688.3

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.3.42>

ВПЛИВ *CAMERARIA OHRIDELLA* DESCHKA & DIMIĆ, 1986 НА ХІМІЧНИЙ ПРОФІЛЬ ЛИСТКІВ *AESCULUS FLAVA* AITON ТА *AESCULUS PAVIA* L. В УРБАНІЗОВАНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Ситник С.А. – д.с.-г.н., доцент,
головний науковий співробітник науково-дослідної
лабораторії лісового господарства,
Дніпровський державний аграрно-економічний університет
orcid.org/0000-0002-7646-6347

Голобородько К.К. – д.б.н., професор,
головний науковий співробітник НДЛ наземної екології,
лісового ґрунтознавства та рекультивації земель НДІ біології,
Дніпровський державний аграрно-економічний університет
orcid.org/0000-0001-7857-1119

Ловинська В.М. – д.с.-г.н., доцент,
головний науковий співробітник науково-дослідної
лабораторії лісового господарства,
Дніпровський державний аграрно-економічний університет
orcid.org/0000-0002-7359-9443

Досліджено вплив мінуючої молі *Cameraria ohridella* Deschka & Dimić, 1986 на компонентний склад органічних сполук у листках *Aesculus flava* Aiton та *Aesculus pavia* L. в умовах урбанізованого середовища. Зразки листків відбирали у насадженнях ботанічного саду Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара у період активної вегетації. Формували дві групи зразків: неушкоджені листки та листки з характерними мінами фітофага. Визначення компонентного складу органічних сполук проводили методом газової хроматографії та мас-спектрометрії після попередньої екстракції метанол-хлороформною сумішшю та дериватизації. У результаті аналізу встановлено, що хімічний профіль листків досліджуваних видів характеризується значною різноманітністю та включає понад 180 низькомолекулярних органічних компонентів, які належать до основних функціональних груп: вуглеводів, поліфенольних сполук, жирних кислот, стероїдів і вуглеводнів. Показано, що у структурі екстрактів обох видів домінують вуглеводи, частка яких змінюється залежно від ступеня uszkodження листків. Виявлено, що реакція досліджуваних видів на пошкодження фітофагом має виражений видоспецифічний характер. Для *A. flava* характерною є активація спеціалізованого метаболізму, що проявляється у синтезі нових поліфенольних компонентів, зокрема хлорогенової кислоти та епігалокатехіну, які відсутні у контрольних зразках. Це свідчить про індукцію захисних біохімічних процесів у відповідь на uszkodження. Натомість у *A. pavia* поліфенольний профіль залишається відносно стабільним, що проявляється у збереженні основних компонентів, зокрема катехіну та похідних хроменового поліфенолу. Показано, що зміни у складі жирних кислот і стероїдних сполук є менш вираженими, що вказує на відносну стабільність цих компонентів у структурі метаболічного профілю. Отримані результати свідчать про відмінності у механізмах адаптивної відповіді досліджуваних видів на uszkodження *Cameraria ohridella* та дозволяють розглядати поліфенольні сполуки як потенційні біохімічні маркери стійкості деревних рослин у міських екосистемах.

Ключові слова: хімічний профіль листків, органічні сполуки, фітофаг, біотичний стрес, спеціалізований метаболізм, *Cameraria ohridella*, *Aesculus*.



© Ситник С.А., Голобородько К.К., Ловинська В.М., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Sytnyk S.A., Holoborodko K.K., Lovynska V.M. Influence of *Cameraria ohridella* Deschka & Dimić, 1986 on the Chemical Profile of Leaves of *Aesculus flava* Aiton and *Aesculus pavia* L. in an Urbanized Environment

The influence of the horse chestnut leaf miner *Cameraria ohridella* Deschka & Dimić, 1986 on the component composition of organic compounds in the leaves of *Aesculus flava* Aiton and *Aesculus pavia* L. under urbanized conditions was investigated. Leaf samples were collected from plantings of the Botanical Garden of Oles Honchar Dnipro National University during the vegetation period. Two groups of samples were formed: healthy leaves and leaves with characteristic mines caused by the *C. ohridella*. The component composition of organic compounds was determined using gas chromatography mass spectrometry following preliminary extraction with a methanol–chloroform mixture and derivatization.

The analysis revealed that the chemical profile of leaves of the studied species is characterized by high diversity and includes more than 180 low-molecular-weight organic compounds belonging to the main functional groups: carbohydrates, polyphenolic compounds, fatty acids, steroids, and hydrocarbons. It was shown that carbohydrates dominate in the structure of extracts of both species, and their proportion varies depending on the degree of leaf damage.

It was established that the response of the studied species to phytophagous damage is species-specific. For *A. flava*, activation of specialized metabolism is characteristic, manifested in the synthesis of new polyphenolic components, including chlorogenic acid and epigallocatechin, which were absent in control samples. This indicates the induction of protective biochemical processes in response to damage. In contrast, the polyphenolic profile of *A. pavia* remains relatively stable, which is reflected in the preservation of major components, particularly catechin and chromene-derived polyphenols.

It was shown that changes in the composition of fatty acids and steroid compounds are less pronounced, indicating the relative stability of these components within the metabolic profile. The obtained results demonstrate differences in the adaptive response mechanisms of the studied species to damage caused by *Cameraria ohridella* and suggest that polyphenolic compounds can be considered potential biochemical markers of resistance of woody plants in urban ecosystems.

Key words: chemical profile of leaves, organic compounds, phytophagous insect, biotic stress, specialized metabolism, *Cameraria ohridella*, *Aesculus*.

Постановка проблеми. Сучасні урбоекосистеми характеризуються підвищеним рівнем антропогенного навантаження, що впливає на фізіологічний стан декоративних деревних рослин та їх здатність виконувати екологічні функції. Представники роду *Aesculus* широко використовуються у міському озелененні завдяки високій декоративності та адаптивності, однак їх ефективність значною мірою обмежується ушкодженням листового апарату мінуючою мілью *Cameraria ohridella*. Масове поширення цього фітофага призводить до зниження фотосинтетичної активності, передчасного старіння та втрати декоративності.

Відомо, що реакція рослин на біотичний стрес супроводжується перебудовою метаболічних процесів, зокрема змінами у складі первинних і спеціалізованих метаболітів [1, с. 781]. При цьому ступінь таких змін може істотно відрізнятися між видами, що визначає їхню стійкість до ушкодження. Незважаючи на значну кількість досліджень, присвячених впливу *C. ohridella* на види роду *Aesculus* [2, с. 518; 3, с. 5471], питання видоспецифічних особливостей перебудови хімічного складу листків у різних видів в умовах урбанізованого середовища залишається недостатньо вивченим.

У зв'язку з цим актуальним є дослідження змін компонентного складу органічних сполук асиміляційного апарату різних видів *Aesculus* під впливом фітофага з метою виявлення біохімічних особливостей їх адаптивної відповіді.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Упродовж останніх десятиліть поширення мінуючої молі *Cameraria ohridella* розглядається як один із найбільш значущих біотичних чинників, що впливають на стан каштанових насаджень у міських екосистемах Європи [4, с. 805; 5, с. 319].

Інтенсивне розселення цього фітофага супроводжується передчасним старінням листків, зниженням фотосинтетичної активності та погіршенням декоративних властивостей дерев, що зумовлює необхідність комплексного вивчення взаємодії між рослиною і шкідником [6, с. 11].

Більшість наукових праць присвячена вивченню біології *C. ohridella*, сезонної динаміки розвитку його популяцій, а також впливу кліматичних і екологічних факторів на інтенсивність ураження [7, с. 80]. Водночас останнім часом зростає інтерес до фізіолого-біохімічних аспектів взаємодії між рослинами та фітофагами [8, с. 223]. Доведено, що ушкодження листків мінером супроводжується перебудовою метаболічних процесів, зокрема змінами у вуглеводному обміні та накопиченні спеціалізованих метаболітів, які виконують захисні функції [9, с. 299]. Особливу роль у цих процесах відіграють поліфенольні сполуки, здатні впливати на стійкість рослин до біотичного стресу та обмежувати розвиток фітофага [1, с. 17781].

Низка досліджень свідчить, що рівень чутливості різних видів роду *Aesculus* до ушкодження *C. ohridella* значною мірою визначається особливостями хімічного складу листків. Зокрема, підвищений вміст катехінів, дубильних речовин і флавоноїдів може бути пов'язаний із формуванням більш ефективного захисного бар'єра, тоді як висока концентрація легкодоступних вуглеводів сприяє розвитку личинок фітофага [3 с. 5471].

Разом із тим більшість досліджень зосереджена переважно на окремих видах, передусім *Aesculus hippocastanum* L., тоді як порівняльний аналіз кількох видів роду *Aesculus* в однакових умовах урбанізованого середовища залишається недостатньо представленим у науковій літературі. Обмеженими є також дані щодо змін компонентного складу органічних сполук листків у відповідь на ушкодження *C. ohridella*, що ускладнює виявлення біохімічних маркерів стійкості.

Таким чином, існує необхідність у поглибленому дослідженні особливостей перебудови хімічного профілю листового апарату різних видів *Aesculus* під впливом мінуючої молі в умовах урбанізованих екосистем.

Метою роботи було встановити особливості змін компонентного складу органічних сполук у листках *A. flava* та *A. pavia* за умов ушкодження *C. ohridella* та визначити характер їх метаболічної відповіді на ушкодження фітофагом.

Виклад основного матеріалу дослідження. Збір дослідних зразків біомаси листків видів роду *Aesculus*. Зразки листків досліджуваних видів відбирали в умовах насаджень ботанічного саду Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара (м. Дніпро) у період активної вегетації (липень 2024 р.). Для дослідження обирали дерева зі схожими морфометричними показниками, які не піддавалися обробці інсектицидами та іншими засобами захисту. Відбір проводили з нижньої частини крони з південного боку у ранкові години (9:00–11:00) за сприятних погодних умов. Для дослідження формували дві групи зразків: листки без ознак пошкодження та листки з характерними мінами *C. ohridella*. З кожного варіанта відбирали не менше 20 листків, які об'єднували у середню пробу. Такий підхід забезпечував репрезентативність вибірки та зменшував вплив індивідуальної варіабельності листового матеріалу. Після збору зразки висушували за кімнатної температури та використовували для хімічного аналізу.

Визначення компонентного складу органічних сполук листків. Для визначення компонентного складу органічних сполук використовували подрібнені зразки листків масою близько 1 г. Екстракцію проводили сумішню метанолу та хлороформу у співвідношенні 1:1 (8 мл) протягом 48 годин за кімнатної температури

з періодичним перемішуванням. Отриману суспензію фільтрували через мембранний фільтр (PTFE, 0,45 мкм), після чого 2 мл екстракту упарювали до сухого залишку у вакуумі. Сухий залишок піддавали дериватизації із застосуванням реагенту BSTFA (N,O-біс(триметилсилил)трифлуорацетаміду) з додаванням 5 % TMS-Cl при нагріванні за температури 65 °C протягом 45 хв без використання розчинника. Отримані розчини використовували безпосередньо для аналізу.

Визначення складу метаболітів здійснювали методом газової хромато-мас-спектрометрії (GC-MS) на приладі Shimadzu GCMS-QP2010 (Японія). Розділення компонентів проводили на капілярній колонці Restek Rxi-5ms (довжина 30 м, внутрішній діаметр 0,25 мм, товщина плівки 0,25 мкм). Газ-носіє – гелій (99,999%) зі швидкістю потоку 1,5 мл/хв. Температурну програму встановлювали в діапазоні від 50 до 300 °C: нагрівання зі швидкістю 10 °C/хв протягом перших 25 хв із подальшою ізотермічною витримкою при 300 °C протягом 25 хв. Температура інжектора становила 280 °C, інтерфейсу – 300 °C, іонізаційного джерела – 220 °C. Аналіз проводили у режимі без поділу потоку, об'єм інжекції – 1 мкл, тривалість аналізу – 50 хв. Ідентифікацію сполук здійснювали шляхом порівняння мас-спектрів із бібліотекою NIST-14 (National Institute of Standards and Technology, США). Сканування проводили у діапазоні 20–900 m/z у режимі повного іонного струму (TIC) при енергії іонізації 70 eV. Достовірність ідентифікації становила до 98 %. Обробку отриманих даних проводили із використанням стандартних методів варіаційної статистики, результати наведено як середні значення, отримані на основі аналізу повторностей.

Результати та обговорення. У результаті ідентифікації компонентів у метанол-хлороформних екстрактах листків *A. flava* та *A. pavia* встановлено, що хімічний склад обох видів включав широкий спектр низькомолекулярних органічних сполук, які належать до різних функціональних груп. У сукупності в листках двох досліджених видів було виявлено понад 180 компонентів, які за хімічною природою об'єднувалися у п'ять основних груп: вуглеводи, поліфенольні сполуки, жирні кислоти, стероїди та вуглеводні (рис. 1). У листках *A. flava* та *A. pavia* домінуючу частку становили вуглеводи. У контрольних зразках їх кількість у *A. flava* становила 111 компонентів, тоді як після ушкодження фітофагом зростала до 123. У *A. pavia* аналогічний показник збільшувався з 117 до 121 компонента.

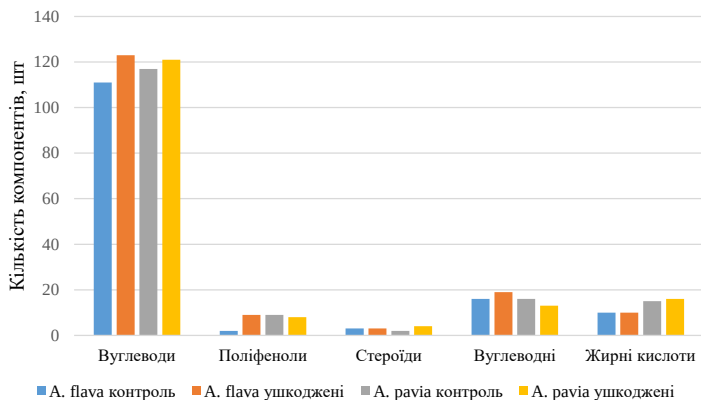


Рис. 1. Ідентифіковані компоненти основних груп органічних сполук у неушкоджених ушкоджених *C. ohridella* листках *A. flava* та *A. pavia*

За відносним вмістом вуглеводів виявлено, що в листках *A. flava* їх частка була вищою у неушкодженому стані, ніж після заселення комахи. У *A. pavia*, навпаки, після ушкодження спостерігалось зростання частки цієї групи в загальній структурі екстракту. Така відмінність може вказувати на різний характер регуляції первинного метаболізму у досліджуваних видів: для *A. flava* більш характерним є синтез якісно нових компонентів при відносному зменшенні частки вуглеводів, тоді як *A. pavia* демонструє тенденцію до посилення саме вуглеводної домінанти. Серед домінуючих вуглеводних компонентів в екстрактах обох видів стабільно ідентифікували сахарозу, D-пінітол, метилгалактозид та тимол- β -D-глюкопіранозид.

У межах жирнокислотної фракції для обох видів були характерні пальмітинова, стеаринова, нонанова та 2,4-пентандіова кислоти. При цьому істотних якісних змін у складі жирних кислот після ушкодження не виявлено, однак у *A. flava* спостерігалась тенденція до незначного розширення спектра компонентів цієї групи. Це дає підстави припустити, що для даного виду зміни жирнокислотного обміну можуть супроводжуватися формуванням додаткових мембранно-захисних реакцій.

Група стероїдних сполук в листках обох видів була представлена незначною кількістю компонентів, домінантним з яких був стигмастерол. Кількісні зміни в межах цієї групи були незначними, що може вказувати на відносну стабільність стероїдного компонента метаболічного профілю в умовах впливу фітофага.

Суттєві зміни відзначено у групі поліфенольних сполук. У листках *A. flava* кількість поліфенолів після ушкодження зростала більш ніж у чотири рази, з 2 до 9 компонентів, що може вказувати на індукцію захисних біохімічних процесів у відповідь на вплив *C. ohridella*. Натомість у *A. pavia* кількість поліфенольних компонентів залишалася відносно стабільною, що може демонструвати інший тип метаболічної реакції.

Отримані результати свідчать про виражені видоспецифічні особливості біохімічної відповіді рослин на ушкодження *C. ohridella*, що проявлялось насамперед у перебудові поліфенольного профілю листків (табл. 1).

Таблиця 1

Порівняльний вміст ключових поліфенольних компонентів у неушкоджених та ушкоджених листках *A. flava* та *A. pavia* (% від загальної площі піків GC-MS)

Компонент	<i>Aesculus flava</i>		<i>Aesculus pavia</i>	
	контроль	ушкоджені	контроль	ушкоджені
Катехін (цис-ізомер)	4,37	3,12	6,66	6,61
Катехін (транс-ізомер)	–	0,78	0,36	0,14
Шикімова кислота	0,94	0,54	0,47	0,36
Арбутин	0,31	0,40	0,85	0,83
п-Кумарова кислота	0,22	0,13	–	–
Хлорогенова кислота	–	1,19	–	–
Епігалокатехін	–	0,50	–	–
Хроменовий поліфенол	–	1,36	1,83	1,56

Аналіз поліфенольного профілю листків *A. flava* та *A. pavia* показав наявність спільного ядра, представленого катехіном, шикімовою кислотою, арбутином і похідним хроменового поліфенолу. Найвищий відносний вміст у всіх дослідних варіантах мав цис-ізомер катехіну, максимальна концентрація якого була

у листках *A. pavia*, як у контрольних (6,66 %), так і в ушкоджених *C. ohridella* зразках (6,61 %).

У листках *A. flava* за впливу фітофагу виявлено появу нових поліфенольних компонентів, а саме хлорогенової кислоти (1,19 %) та епігалокатехіну (0,50 %), які були відсутні у контрольних зразках. Це може свідчити про активацію фенілпропаноїдного шляху спеціалізованого метаболізму у відповідь на біотичний стрес, зумовлений *C. ohridella*.

Для *A. pavia* характерним було відносно стабільне накопичення похідного хроменового поліфенолу, вміст якого становив 1,83 % у контролі та 1,56 % в ушкоджених листках, що може вказувати на більш консервативний характер метаболічної відповіді рослини на вплив фітофага.

Отримані результати підтверджують відмінний характер поліфенольної реакції досліджуваних видів на ушкодження *C. ohridella*. Для *A. flava* характерною є індукована поява окремих поліфенольних сполук, зокрема хлорогенової кислоти та епігалокатехіну, що може свідчити про активацію спеціалізованого метаболізму у відповідь на пошкодження листкової пластинки комахою. Натомість у *A. pavia* поліфенольний профіль залишався відносно стабільним, що проявлялося у високому вмісті катехіну та похідного хроменового поліфенолу як у контрольних, так і в ушкоджених варіантах листків. Це може свідчити про вищий рівень конститутивного біохімічного захисту даного виду.

Загальні висновки. У результаті проведених досліджень встановлено, що хімічний склад листків *A. flava* та *A. pavia* характеризується значною різноманітністю органічних сполук, серед яких домінують вуглеводи, поліфенольні сполуки, жирні кислоти та стероїди. Встановлено, що ушкодження листків мінуючою міллю *C. ohridella* супроводжується змінами компонентного складу екстрактів листків обох видів, проте характер цих змін має виражені видові особливості. Для *A. flava* характерною є індукція синтезу окремих поліфенольних сполук, зокрема хлорогенової кислоти та епігалокатехіну, що свідчить про активацію захисних механізмів спеціалізованого метаболізму у відповідь на ушкодження фітофагом. Натомість у *A. pavia* поліфенольний профіль залишається відносно стабільним, що проявляється у збереженні основних компонентів та може вказувати на вищий рівень конститутивного біохімічного захисту. Виявлені відмінності у метаболічній відповіді досліджуваних видів на ушкодження *C. ohridella* демонструють їх видоспецифічний характер та можуть бути використані як біохімічні маркери стійкості при доборі декоративних деревних рослин для урбанізованого середовища.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Scala A., Allmann S., Mirabella R., Haring M. A., Schuurink R. C. Green leaf volatiles: A plant's multifunctional weapon against herbivores and pathogens. *International Journal of Molecular Sciences*, 2013. Vol. 14, № 9. P. 17781–17811. <https://doi.org/10.3390/ijms140917781>.
2. Paterska M., Bandurska H., Dziadas M., Zawieja B., Chadzinikolaou, T. Analysis of the profile of volatile compounds during the growing season in leaves of *Aesculus* trees differing in susceptibility to horse chestnut leaf miner (*Cameraria ohridella* Deschka & Dimić). *Molecules*, 2025. Vol. 30, № 3. P. 518. <https://doi.org/10.3390/molecules30030518>.
3. Materska M., Pabich M., Sachadyn-Król M., Konarska A., Weryszko-Chmielewska E., Chilczuk B., Staszowska-Karkut M., Jackowska I., Dmitruk M. The secondary metabolites profile in horse chestnut leaves infested with horse-chestnut leaf miner. *Molecules*, 2022. Vol. 27, № 17. P. 5471. <https://doi.org/10.3390/molecules27175471>.

4. Gilbert M., Guichard S., Freise J., Grégoire J. C., Heitland W., Straw N., Tilbury C., Augustin S. Forecasting *Cameraria ohridella* invasion dynamics in recently invaded countries: From validation to prediction. *Journal of Applied Ecology*. 2005. Vol. 42. P. 805–813. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2005.01074.x>.
5. Giertych M. J., Baraniak, E. *Cameraria ohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae) oviposition preferences for leaf part and sun exposure. *Acta Zoologica Bulgarica*. 2025. Vol. 77, № 3. P. 319–325. <https://doi.org/10.71424/azb77.3002866>.
6. Percival G. C., Barrow I., Noviss K., Keary I., Pennington P. The impact of horse chestnut leaf miner (*Cameraria ohridella* Deschka and Dimic; HCLM) on vitality, growth and reproduction of *Aesculus hippocastanum* L. *Urban Forestry & Urban Greening*. 2011. Vol. 10, № 1. P. 11–17. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2010.11.003>.
7. Koval I. M., Chermnykh, M. O., Gololobov, V. V. Radial growth of common horse chestnut in green plantings of Lviv and Kharkiv. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2025. Вип. 43. С. 78–92. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2025-43-06>.
8. Holoborodko K., Seliutina O., Alexeyeva A., Brygadyrenko V., Ivanko I., Shulman M., Pakhomov O., Loza I., Sytnyk S., Lovynska V. The impact of *Cameraria ohridella* (Lepidoptera, Gracillariidae) on the state of *Aesculus hippocastanum* photosynthetic apparatus in the urban environment. *International Journal of Plant Biology*. 2022. Vol. 13. P. 223–234.
9. Seliutina O. V., Shupranova L. V., Holoborodko K. K., Shulman M. V., Bobylev Y. P. Effect of *Cameraria ohridella* on accumulation of proteins, peroxidase activity and composition in *Aesculus hippocastanum* leaves. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2020. Vol. 11. № 2. P. 299–304. <https://doi.org/10.15421/022045>.

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 504.06:631.4(477.82)

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.3.43>

ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ЛАНДШАФТНОЇ ФРАГМЕНТАЦІЇ В ЗОНІ МЕЛІОРАТИВНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ: ПРОСТОРОВИЙ АНАЛІЗ (НА ПРИКЛАДІ РІВНЕНСЬКОЇ ОБЛАСТІ)

Сташук М.О. – аспірант кафедри олімпійського
та професійного спорту, туризму і рекреації,
Рівненський державний гуманітарний університет
orcid.org/0009-0008-3150-7011

У статті розглянуто екологічні наслідки ландшафтної фрагментації в зоні впливу меліоративної інфраструктури на прикладі Рівненської області. Інтенсивний розвиток осушувальних систем у регіоні спричинив істотну трансформацію природних і напівприродних екосистем, зміну гідрологічного режиму, деградацію торфових та лучних земель і порушення цілісності ландшафтів. Просторовий аналіз структури земного покриву засвідчив зменшення площі суцільних природних масивів, зростання частки дрібноконтурних агроландшафтів та компонування мозаїчної форми території, зумовленої розгалуженою мережею меліоративних каналів.

Встановлено, що найбільш трансформовані території зосереджені у північній частині області в межах Поліської низовини, де осушувальні системи накладаються на первинно болотні та лучні комплекси. У цих умовах меліоративна інфраструктура виступає одним із ключових чинників просторової дискретизації природних комплексів, формуючи бар'єри для міграції біоти, змінюючи локальний водний баланс і посилюючи деградаційні процеси у ґрунтовому покриві. Під впливом осушення відбувається зниження рівня ґрунтових вод, мінералізація органогенних ґрунтів і втрата природної буферної функції водно-болотних екосистем.

Отримані результати свідчать про високий рівень фрагментації ландшафтів у межах меліоративно трансформованих територій, що супроводжується ізоляцією природних біотопів та зниженням екологічної стійкості ландшафтних систем. Обґрунтовано необхідність екологічної оптимізації меліоративних територій шляхом впровадження регульованого дренажу, формування елементів екомережі, створення буферних зон та ренатуралізації осушених земель. Реалізація цих підходів сприятиме відновленню гідрологічної та функціональної зв'язаності ландшафтів і підвищенню екологічної стійкості меліоративно трансформованих територій.

Ключові слова: ландшафтна фрагментація, меліорація, Рівненська область, ГИС, дистанційне зондування Землі, біорізноманіття, гідрологічний режим, ренатуралізація, екологічна стійкість, екомережа.

Stashuk M.O. Ecological Consequences of Landscape Fragmentation in Areas Affected by Drainage Infrastructure: A Spatial Analysis of the Rivne Region

The article examines the environmental consequences of landscape fragmentation within the zone influenced by drainage infrastructure, using Rivne Oblast as a case study. The intensive development of drainage systems in the region has led to significant transformation of natural and semi-natural ecosystems, alterations in the hydrological regime, degradation of peat and meadow lands, and disruption of the structural integrity of landscapes. Spatial analysis of land cover structure revealed a reduction in the area of continuous natural massifs, an increase in the share of small-contour agricultural landscapes, and the formation of a mosaic territorial structure caused by an extensive network of drainage canals.

It was established that the most transformed territories are concentrated in the northern part of the oblast within the Polissia Lowland, where drainage systems overlap with originally



© Сташук М.О., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

wetland and meadow complexes. Under these conditions, drainage infrastructure acts as one of the key drivers of spatial discretization of natural complexes, creating barriers for biota migration, altering the local water balance, and intensifying degradation processes in the soil cover. Drainage leads to a lowering of the groundwater table, mineralization of organic soils, and the loss of the natural buffering function of wetland ecosystems.

The obtained results indicate a high level of landscape fragmentation within drainage-transformed territories, accompanied by the isolation of natural biotopes and a decrease in the ecological stability of landscape systems. The study substantiates the necessity of ecological optimization of drainage areas through the implementation of controlled drainage, the development of ecological network elements, the establishment of buffer zones, and the renaturalization of drained lands. The implementation of these approaches will contribute to the restoration of hydrological and functional connectivity of landscapes and to the enhancement of the ecological resilience of drainage-transformed territories.

Key words: landscape fragmentation, reclamation, Rivne Region, GIS, remote sensing, biodiversity, hydrological regime, renaturalization, ecological stability, ecological network.

Актуальність дослідження зумовлена значним поширенням осушувальних меліоративних систем у зоні Українського Полісся, що спричинило трансформацію природних ландшафтів і посилення процесів ландшафтної фрагментації. У регіонах інтенсивного меліоративного освоєння, зокрема в Рівненській області, це проявляється у скороченні площ природних масивів, порушенні гідрологічної цілісності територій та деградації торфових екосистем. Кліматичні зміни посилюють ці процеси, спричиняючи зниження рівня ґрунтових вод, інтенсифікацію мінералізації органічних ґрунтів і підвищення ризику торф'яних пожеж [2, 9, 5].

Постановка проблеми. Тривала експлуатація осушувальних систем у Рівненській області призвела до посилення фрагментації природних комплексів і порушення гідрологічного режиму меліорованих територій. Водночас сучасні підходи до планування меліоративних систем переважно орієнтовані на агровиробничу ефективність і недостатньо враховують екологічну стійкість ландшафтів. Це зумовлює необхідність узагальнення підходів до оцінювання просторової структури ландшафтів, виявлення зон екологічної деградації та обґрунтування напрямів відновлення гідрологічної й екологічної цілісності меліорованих територій.

Сучасні дослідження ландшафтної фрагментації меліорованих територій базуються на використанні геоінформаційних технологій і даних дистанційного зондування Землі. Ці підходи застосовують для класифікації земного покриття, ідентифікації елементів меліоративної інфраструктури та кількісного оцінювання стану ландшафтів. Для оцінювання просторових трансформацій природних територій використовують систему метрик – показники щільності фрагментів, середнього розміру ділянок, ізольованості та щільності меж, що характеризують мозаїчність і просторову розчленованість ландшафту.

Результати досліджень. Ландшафтна фрагментація в умовах гідротехнічної меліорації розглядається як процес просторового розчленування природних комплексів лінійно-мережевими елементами інфраструктури (каналами, дамбами, дорогами), що призводить до зменшення площ суцільних природних масивів і формування мозаїчної структури земного покриття. Сучасні дослідження показують, що фрагментація є важливим чинником трансформації екосистем та порушення функціональної зв'язаності природних територій, що проявляється у зростанні кількості дрібних фрагментів, підвищенні щільності меж і ізольованості біотопів [10, 8]. Наслідками таких змін є ізоляція популяцій, порушення міграційних шляхів видів і зміни гідрологічних та біогеохімічних процесів у межах ландшафтних систем. Для їх оцінювання застосовують метрики ландшафтної структури, які

дозволяють кількісно характеризувати бар'єрний ефект інфраструктури та ступінь порушення екологічної зв'язаності ландшафтів.

Рівненська область розташована на межі Поліської низовини та Волинської височини, що зумовлює контрастність рельєфу, ґрунтового покриву та гідрокліматичних умов регіону [13]. Розвиток осушувальної меліорації у 1960-1980-х роках суттєво трансформував землекористування, спричинивши перетворення значної частини болотних і перезволожених лісових екосистем на агроландшафти. Узагальнені фізико-географічні характеристики регіону та напрями меліоративного освоєння наведено в табл. 1.

Таблиця 1

**Порівняльна характеристика природно-географічних зон
Рівненської області за передумовами меліорації [13; 12]**

Фізико-географічна підобласть	Тип рельєфу	Домінуючі типи ґрунтів	Коефіцієнт зволоження (Кз)	Напрямок меліорації
Поліська низовина	Низовинний, плоскохвилястий, акумулятивний	Дерново-підзолисті, торфово-болотні	1,1-1,3 (надлишкове)	Осушувальна меліорація, регулювання поверхневого стоку
Волинська височина	Ерозійно-денудаційний, горбистий	Сірі лісові, чорноземи опідзолені	0,8-1,0 (достатнє – помірновологе)	Протирозійна меліорація, локальне осушення

Для поліських ландшафтів Рівненської області характерне домінування дерново-підзолистих і торфово-болотних ґрунтів [13]. Відмінності природних умов між Поліською низовиною та Волинською височиною зумовлюють різні напрями меліоративного освоєння території. Осушувальна меліорація спричинила антропогенну трансформацію земельного фонду області, що проявляється у дренаванні торфовищ, зміні гідрологічного режиму та рослинного покриву [4, 14]. Значна частина осушених земель представлена агроландшафтами, сформованими на місці колишніх боліт і заболочених лісів північної частини регіону (басейни Прип'яті, Стиру та Горині). Просторова організація землекористування значною мірою визначається мережею меліоративних каналів, яка формує мозаїчну структуру ландшафтів і зумовлює ізоляцію природних біотопів [14]. Узагальнені характеристики меліоративної мережі в басейнах річок Прип'яті, Горині та Стиру наведено в табл. 2.

У сучасних дослідженнях трансформації меліорованих ландшафтів просторовий аналіз здійснюють із використанням ГІС-технологій, даних ДЗЗ та метрик ландшафтів [6, 11, 3]. Оцінювання ландшафтної фрагментації ґрунтується на застосуванні показників щільності фрагментів, середнього розміру ділянок, ізолюваності та щільності меж. Просторову відокремленість природних комплексів часто характеризують евклідовою відстанню до найближчого сусіднього фрагмента (Euclidean Nearest Neighbor Distance), а для аналізу ландшафтів також використовують фрактальні та ентропійні метрики [6, 1]. Узагальнені значення метрик для різних типів угідь наведено в табл. 3.

Таблиця 2

**Структурно-технічні показники меліоративної мережі
в розрізі основних річкових басейнів регіону**

Басейн річки	Щільність мережі (км/км ²)	Гідроспороди (од./100 га)	Тип організації мережі	Ступінь фрагментації
Прип'ять	2,8–3,4	10–14	розгалужена колекторно-магістральна	дуже високий
Горинь	1,5–2,2	7–10	магістрально-колекторна	високий
Стир	1,2–1,8	5–7	лінійно-колекторна	помірний

Складено за даними Державного агентства водних ресурсів України.

Таблиця 3

**Типові показники ландшафтної фрагментації для основних типів угідь
у Рівненській області**

Тип угідь	Щільність фрагментів (од./км ²)	Середня площа фрагмента (га)	Коефіцієнт ізоляції (м)	Щільність меж (м/га)
Лісові території (Полісся)	1.2–1.8	450–800	150–300	25–40
Водно-болотні угіддя	4.5–6.2	15–45	400–900	70–110
Осушувана рілля	8.0–12.5	80–150	50–100	45–65
Луки та пасовища	3.1–4.4	35–70	200–500	50–80
Техногенні зони	0.8–1.9	5–15	1500–3000	90–150

Аналіз метрик ландшафтної структури свідчить про трансформацію ландшафтів Рівненської області під впливом гідротехнічної меліорації. Найвищий рівень фрагментації характерний для техногенних зон інфраструктури, тоді як у межах осушуваних агроландшафтів висока щільність фрагментів (8,0–12,5 од./км²) зумовлена густою мережею меліоративних каналів, що формує дрібноконтурність землекористування (рис. 1).

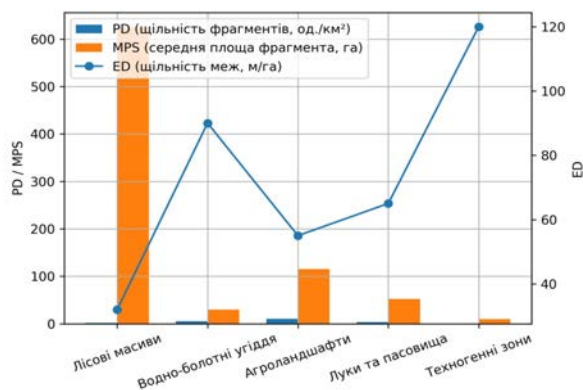


Рис. 1. Показники ландшафтної фрагментації для різних типів угідь Рівненської області

Лінійні елементи інфраструктури знижують екологічну зв'язаність ландшафтів і виконують бар'єрну функцію для міграції біологічних видів [1], що призводить до руйнування екологічних коридорів і деградації природних екосистем, зокрема торфово-болотних комплексів [10].

Порівняльні значення метрик ландшафтної фрагментації наведено на рис. 1. Найнижчий рівень фрагментації характерний для лісів Полісся, тоді як найбільш трансформовані території зосереджені в межах Поліської низовини, де осушувальні системи створені у первинно болотних і лучних комплексах. Аналіз стану землекористування фіксує скорочення площ водно-болотних угідь і зростання частки дрібноконтурних агроландшафтів, що супроводжується підвищенням щільності меж та зменшенням середнього розміру природних фрагментів [13; 3]. Подібні процеси фрагментації спостерігаються й в інших регіонах Європи [8]. Осушення торфовищ спричиняє деградацію гідрофільної рослинності, зниження видового різноманіття та її заміщення мезофітними угрупованнями, посилює ізоляцію біотопів і порушує екологічну зв'язаність територій. Гідрологічні зміни проявляються у зниженні рівня ґрунтових вод і мінералізації торфів [4; 5], що обґрунтовує необхідність ренатуралізації осушених територій.

Відновлення водного режиму та ренатуралізація осушених торфовищ є ключовими напрямками екологічної стабілізації меліорованих ландшафтів. Повторне зволоження відновлює біогеохімічні процеси, підвищує біорізноманіття та стабілізує вуглецевий баланс екосистем [4; 7]. Основні заходи: регульований дренаж, управління рівнем ґрунтових вод і формування екомережі, інтегровані в регіональне планування [11].

Висновки. Результати просторового аналізу засвідчують, що розвиток меліоративної інфраструктури Рівненської області істотно трансформував структуру ландшафтів, спричинивши фрагментацію природних комплексів, порушення гідрологічного режиму та деградацію торфових і лучних екосистем. Установлено території з підвищеним рівнем ізоляції природних фрагментів, зменшенням їх середніх площ і зниженням екологічної зв'язаності ландшафтів. Отримані результати підтверджують доцільність урахування метрик ландшафтної фрагментації під час реконструкції меліоративних систем, формування елементів регіональної екомережі та планування заходів повторного зволоження осушених торфовищ. Подальші дослідження доцільно спрямувати на просторове моделювання екосистемних змін, удосконалення системи моніторингу трансформованих ландшафтів і оцінювання ефективності природоохоронних заходів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Spatial Comparative Analysis of Landscape Fragmentation Using Landscape Metrics. Sustainability. Alaei N. et. 2022. Vol. 14. No. 22. Article 14876. DOI: <https://doi.org/10.3390/su142214876>
2. Boichenko S.G., Voloshchuk V.M., Serdiuchenko N.M. Modern space-time variations of the index of continentality and the amplitude of a seasonal course of the surface air temperature on the territory of Ukraine. *Dopovidi Natsionalnoi Akademii Nauk Ukrainy*. 2017. No. 9. P. 67–75. DOI: <https://doi.org/10.15407/dopovidi2017.09.067>
3. A Cartographic Landscape Analysis of the Geo-Ecological Condition of the Natural Reserve Object-Lake Doshne (Volyn Polissya, Ukraine). Kirvel I., et. *Limnological Review*. 2024. Vol. 24, No. 3. P. 385–405. DOI: <https://doi.org/10.3390/limnolrev24030023>

4. The peatlands of Polesie – what is left and what is lost in terms of habitats and carbon stores over the last 100 years. Kucharzyk J., etc. *Biodiversity and Conservation*. 2025. Vol. 34. No. 14. P. 3715–3731. DOI: doi.org/10.1007/s10531-025-03128-4
5. Experiences and prospects of palsa management on the drained lands of the Ukrainian Polissia. Kuzmych L., etc. *Discover Applied Sciences*. 2026. Vol. 8. Article 211. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42452-026-08221-z>
6. McGarigal K., Cushman S.A., Ene E. *FRAGSTATS v4: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical and Continuous Maps*. Amherst: University of Massachusetts, 2012. 182 p.
7. Prasanya J., Kanmani S., Senthil Kumar P. A review of the wetland's restoration mechanisms and its economic and social benefits. *Water Practice & Technology*. 2024. Vol. 19, No. 11. P. 4355–4377. DOI: <https://doi.org/10.2166/wpt.2024.241>
8. Pyryt P., Pukowiec-Kurda K. The landscape fragmentation: analysis of land cover transformation in high mountains environment on the example of Tatra region (Southern Poland). *Quaestiones Geographicae*. 2024. Vol. 43. No. 1. P. 111–126. DOI: <https://doi.org/10.14746/quageo-2024-0007>
9. The climate change impact on the development of droughts in Ukraine. Polevoy A., etc. *Journal of Ecological Engineering*. 2024. Vol. 25, No. 6. P. 194–205. <https://doi.org/10.12911/22998993/187276>
10. Vidal-Llamas A., Acuña-Alonso C., Álvarez X. Past and present in the ecological connectivity of protected areas through land cover and graph-based metrics. *Environmental Management*. 2025. Vol. 75. No. 8. P. 2116–2135. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00267-025-02206-1>
11. Геоінформаційний аналіз антропогенних змін ландшафтів лісостепової зони України. Голубцов О.Г. та ін. *Український географічний журнал*. 2021. № 3. С. 40–55. URL: <https://doi.org/10.15407/ugz2021.03.038>
12. Маринич О.М., Шищенко П.Г. *Фізична географія України: підручник*. Київ: Знання, 2005. 511 с.
13. Никитюк Ю., Кравченко О. Ландшафтно-грунтове різноманіття покривів на Поліссі та Лісостепу України. *Agrology*. 2024. Т. 7, № 3. С. 95–106. DOI: <https://doi.org/10.32819/202413>
14. Фесюк В.О., Матичук С.С. Ефективність і проблеми використання меліоративних систем у Рівненській ОТГ Волинської області. Сучасні проблеми збалансованого природокористування: матер. III Міжнар. наук.-практ. конф. Луцьк: Волинський національний університет імені Лесі Українки, 2024. С. 93–98. URL: <https://shnp.forest.gov.ua/wp-content/uploads/2024/11/Zbirnyk-konferentsiia-Petlina-OSTATOCHNYI.pdf>

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 639.32:591.5:637.5

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.3.44>

СТАН СИСТЕМИ АНТИОКСИДАНТНОГО ЗАХИСТУ ТА ГЕМАТОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ОДНОЛІТОК КОРОПА (*CYPRINUS CARPIO LINNAEUS*, 1758) ЗА ВИКОРИСТАННЯ МІКРОВОДОРОСТЕЙ У СКЛАДІ КОРМУ

Тибінка А.Р. – аспірант,

Інститут рибного господарства

Національної академії аграрних наук України

orcid.org/0009-0004-8192-4260

У статті розглянуто вплив введення до раціону коропа суміші мікроводоростей хлорели та спіруліни, як часткового замітника білка на стан системи антиоксидантного захисту та гематологічний профіль.

Дослідження проведено в ставових умовах рибного господарства ТзОВ «Карпатський водограй» (Пустомитівський район, Львівської області) на однорічках лускатого коропа (*Cyprinus carpio* L., 1758) середньою масою 339,6–342,8 г. Вирощування проводили за щільності посадки 1000 екз./га, в ставах площею 0,15–0,20 га. Риби були відібрані методом рендомізації та розподілені на контрольну групу, якій згодовували стандартний гранульований комбікорм із вмістом білка 23–24%, та дві дослідні групи, у яких частину білка тваринного походження замінено на суміші мікроводоростей хлорели і спіруліни у концентрації 3,0% (Дослід 1) та 5% (Дослід 2). Тривалість вирощування складала 65 діб.

Встановлено, що застосуванням малих доз мікроводоростей не спричиняє суттєвих змін супероксиддисмутазної та каталазної активності, що свідчить про стабільність системи антиоксидантного захисту. Водночас підвищення досліджуваних ензимів, при введенні більшої дози мікроводоростей вказує на помірну дозозалежну активацію ензимої ланки антиоксидантного захисту.

Відмічено тенденцію до зниження продуктів ПОЛУ тканинах гепатопанкреаса коропа за введення до раціону різних доз мікроводоростей. Ці зміни більшою мірою були виражені у Досліді 2, де вміст дієнових кон'югатів знизився на 7,1 % та ТБК-активних продуктів на 14,2 % порівняно з Контролем.

Аналіз гематологічних показників встановив, що додавання різних доз суміші мікроводоростей до раціону коропа призвело до помірного підвищення вмісту гемоглобіну: у Досліді 1 на 6,2 % та Досліді 2 на 7,5 % відносно Контролю. Кількість еритроцитів при цьому залишалась стабільною у двох дослідних групах та Контролі.

Враховуючи те, що короп є одним із основних об'єктів прісноводної аквакультури України, та отримані результати, доцільним є проведення більш широкого спектру досліджень впливу часткової заміни білка тваринного походження у кормах на мікроводорості.

Ключові слова: короп, аквакультура, мікроводорості, хлорела, спіруліна, антиоксидантна система, продукти перекисного окиснення ліпідів, гематологічні показники.

Tybinka A.R. Effects of microalgae on antioxidant defense and hematological parameters in one-year-old carp (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758)

This article examines the effect of adding a combination of microalgae (chlorella and spirulina) to the carp diet as a partial protein substitute on the antioxidant defense system and hematological profile.

The study was conducted in pond conditions at the “Karpatskyi Vodograi” LLC fish farm (Pustomyty District, Lviv Region) on one-year-old scaled carp (*Cyprinus carpio* L., 1758) with an average weight 339,6–342,8 g. Rearing was carried out at a stocking density of 1,000 fish/ha in ponds with an area of 0.15–0.20 ha. The fish were selected at random and divided into a



© Тибінка А.Р., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

control group, which was fed a standard pelleted feed with a protein content of 23–24%, and two experimental groups, in which part of the animal protein was replaced with a combination of *chlorella* and *spirulina* microalgae at concentrations of 3.0% (Experiment 1) and 5% (Experiment 2). The rearing period lasted 65 days.

It has been established that the administration of low doses of microalgae does not cause significant changes in superoxide dismutase and catalase activity, which indicates the stability of the antioxidant defense system. At the same time, an increase in the activity of the enzymes under study upon administration of a higher dose of microalgae indicates a moderate dose-dependent activation of the enzymatic component of the antioxidant defense system.

A downward trend in LPO products was observed in the hepatopancreatic tissues of carp following the addition of various doses of microalgae to the diet. These changes were more pronounced in Experiment 2, where the content of diene conjugates decreased by 7.1% and that of TBA-reactive products by 14.2% compared to the Control.

Analysis of hematological parameters indicated that adding various doses of a microalgae mixture to the carp diet resulted in a moderate increase in hemoglobin content: by 6.2% in Experiment 1 and by 7.5% in Experiment 2 compared to the Control group. The red blood cell count remained stable in both experimental groups and the Control group.

Considering that carp is one of the main species in Ukraine's freshwater aquaculture sector, and in light of the results obtained, it would be advisable to conduct a broader range of studies on the effects of partially replacing animal-based protein in feed with microalgae.

Key words: carp, aquaculture, microalgae, *chlorella*, *spirulina*, antioxidant system, lipid peroxidation products, hematological parameters.

Актуальність теми дослідження. Збалансовані комбікорми є важливою складовою інтенсивного вирощування коропа у ставових господарствах, оскільки природна кормова база водойм не завжди здатна повністю забезпечити рибу необхідними поживними речовинами. Раціонально сформований корм зменшує кормові витрати, покращує коефіцієнт конверсії корму, підвищує рибопродуктивність. Білок є ключовим компонентом раціону коропа, оскільки саме він забезпечує синтез структурних тканин, ферментів, біологічно активних сполук, а також визначає інтенсивність росту риб.

Пошук ефективних джерел білка для кормів є одним із пріоритетних напрямів сучасної аквакультури [22]. Ріст риб фактично пов'язаний із накопиченням білкових сполук, тому недостатній або надмірний вміст білка може призводити до системних порушень в організмі [20].

За даними оглядових досліджень, мікроводорості, зокрема хлорела та спіруліна, розглядаються як перспективні компоненти кормів в аквакультурі завдяки високій поживній цінності та вмісту біологічно активних речовин [20]. Їх включення до складу раціонів риб сприяє підвищенню темпу росту, покращенню репродуктивних показників та якості рибної продукції, а також стимулює імунну систему та підвищує опірність організму до захворювань [20, 21].

Відомо, що мікроводорості тривалий час активно застосовують в різних галузях тваринництва [16].

Chlorella vulgaris – нетоксична для риб та водного середовища, легко культивується, має тонкі та пористі клітинні стінки, які складаються з целюлози та мінеральних компонентів. Хлорела містить високий рівень білка (45–65%), а також значну кількість ліпідів і поліненасичених жирних кислот (ПНЖК), вуглеводів, вітамінів (А, групи В, С, Е), мінералів (Ca, Na, K, P, Mg, Fe, Zn) та антиоксидантних пігментів (хлорофіл, каротиноїди) [25]. Мікрофлора кишечника риб бере участь у перетравленні мікроводоростей, забезпечуючи утворення коротколанцюгових жирних кислот та критично важливих амінокислот [24].

Отже, завдяки поєднанню легко засвоюваних клітинних стінок і високого вмісту корисних речовин *Chlorella vulgaris* є ефективним та безпечним функціональним інгредієнтом для кормів в аквакультурі.

Спіруліна (*Spirulina* – *Arthrospira Platensis*) характеризується високим вмістом білка (55-70%), вітамінів (А, групи В, С, Е), мінералів (Fe, Ca, Mg, K, Zn) та біологічно активних пігментів (фікоціанін, хлорофіл, β-каротин) [26, 29]. Спіруліна проявляє антиоксидантні, антимікробні та імуномодуючі властивості, які відповідно покращують фізіологічний стан гідробіонтів [27, 28].

Дослідження на коропах (*Cyprinus carpio* L., 1758) показало, що заміна частини рибного борошна на *Spirulina platensis* та *Chlorella vulgaris* позитивно впливає на ріст, активність травних ензимів та перетравність поживних речовин [13].

Також в літературі наявні дані, де встановлено, що включення *Chlorella vulgaris* та наночастинок заліза (Fe-NPs) до раціону коропа призводить до підвищення активності антиоксидантних ензимів (СОД, КАТ), зменшення рівня продуктів ПОЛ, покращення гематологічних показників – кількості еритроцитів, рівня гемоглобіну та гематокриту. Крім того, експериментальні дані свідчать про зміни в біохімічних показниках крові, зокрема відмічено помірне зниження активності печінкових ензимів та стабілізацію рівня глюкози в крові [17].

Дослідження на нільській тилапії (*Oreochromis niloticus*) показали, що включення до її раціону *Chlorella vulgaris* стимулювало підвищення активності антиоксидантних ензимів, гематологічних показників та імунної активності. Також бактерицидна активність проти *Aeromonas hydrophila*, *Pseudomonas fluorescens* та *Vibrio anguillarum* була значно вищою у риб, яким згодовували *Chlorella vulgaris* в порівнянні з контрольною групою риб [18].

Незважаючи на наявні дослідження щодо використання мікроводоростей у годівлі риб, питання їх впливу на САЗ та гематологічні показники коропа залишаються фрагментарно вивченими та потребують детальнішого дослідження. Оскільки короп є одним із основних об'єктів прісноводної аквакультури України, важливо враховувати місцеві екологічні та технологічні умови, що має ключове значення для оптимізації годівлі та підвищення продуктивності.

Постановка проблеми. Додавання альтернативних джерел білка до складу комбікормів для гідробіонтів є перспективним напрямом розвитку аквакультури, оскільки сприяє зменшенню екологічного навантаження на природні ресурси та створює передумови для здешевлення виробництва кормів [7].

За даними FAO (Food and Agriculture Organization) мікроводорості розглядаються, як альтернативний інгредієнт для кормів в аквакультурі [11]. Вони є функціональним компонентом, оскільки містять комплекс біологічно активних сполук із антиоксидантною, антимікробною та імуномодуючою дією, що забезпечує позитивний вплив на гомеостаз гідробіонтів [10, 12].

При оцінюванні ефективності нових кормових добавок у рибництві особливе значення має дослідження стану системи антиоксидантного захисту (САЗ) печінки, оскільки цей орган є центральною ланкою метаболізму ліпідів, білків і вуглеводів, а також одним із основних місць утворення активних форм кисню (АФК).

Дослідженнями встановлено, що включення хлорели, спіруліни та їх комбінації до раціону райдужної форелі (*Oncorhynchus mykiss*) знижує рівень продуктів пероксидного окиснення ліпідів (ПОЛ) в тканинах печінки та підвищує активність антиоксидантних ферментів. Крім того, застосування мікроводоростей сприяє біодетоксикації кадмію (Cd) у печінці та м'язах риб і стимулює їх ріст [9].

Поряд із біохімічними показниками важливими індикаторами фізіологічного стану організму риб є гематологічні параметри крові. Кількість еритроцитів та концентрація гемоглобіну в крові риб відповідають за транспортування кисню і перенесення поживних речовин. Вони характеризують рівень забезпечення

тканин киснем та можуть змінюватись під впливом різних факторів, зокрема умов вирощування, якості водного середовища та складу корму [30]. Доведено, що застосування мікроводоростей в раціоні сприяє нормалізації гематологічних параметрів та зменшенню негативного впливу токсинів [6]. Також дослідженнями встановлено, що включення у різних співвідношеннях *Spirulina platensis* та *Chlorella vulgaris* в раціон африканського кларієвого сома (*Clarias gariepinus*) покращує ріст, гематологічні показники та антиоксидантний статус риб, що підтверджує перспективність їх застосування, як альтернативних джерел білка [8].

Антиоксидантна система організму відіграє важливу роль у підтриманні гомеостазу, оскільки забезпечує нейтралізацію АФК та запобігає розвитку оксидативного стресу. Порушення рівноваги між процесами пероксидного окиснення ліпідів та антиоксидантного захисту може призвести до погіршення фізіологічного стану риб і зниження їх адаптаційних можливостей, що відповідно вплине на рибопродуктивність. Водночас гематологічні показники є важливим індикатором функціонального стану організму риб і широко використовується для оцінки впливу різних факторів середовища та компонентів корму.

У попередніх наших дослідженнях було показано позитивний вплив суміші мікроводоростей на рибницько-біологічні показники коропа [22].

З огляду на це, завданням дослідження було встановити вплив використання мікроводоростей у раціон коропа на систему антиоксидантного захисту та гематологічний профіль. Отримані дані дозволять оцінити ефективність часткової заміни білка тваринного походження на суміш хлорели та спіруліни й будуть використані для удосконалення технології годівлі та вирощування коропових риб.

Методика досліджень. Експеримент проведено в ставових умовах рибного господарства ТзОВ «Карпатський водограй» (Пустомитівський район, Львівської області) на однорічках лускатого коропа (*Cyprinus carpio* L., 1758) середньою 339,6-342,8 г. Вирощування проводили за щільності посадки 1000 екз./га, в ставах площею 0,15–0,20 га. Риби були відібрані методом рендомізації та розподілені на контрольну групу, якій згодовували стандартний гранульований комбікорм із вмістом білка 23-24%, та дві дослідні групи, у яких частину білка тваринного походження замінено на суміш мікроводоростей хлорели і спіруліни у концентрації 3,0% (Дослід 1) та 5% (Дослід 2). Тривалість вирощування складала 65 діб.

Після завершення досліду в цільній крові риб визначали вміст гемоглобіну гемоціанідним методом за допомогою фотоелектроколориметра КФК-3, кількість еритроцитів – шляхом підрахунку в камері Горяєва; в тканинах гепатопанкреаса коропа досліджували активність антиоксидантних ензимів: СОД та каталази, а також вміст дієнових кон'югатів та ТБК-активних продуктів.

Концентрацію дієнових кон'югатів визначали за методом, що ґрунтується на реакції оптичної густини гептанізопропанольного екстракту ліпідів. Визначення концентрації ТБК-активних продуктів проводили спектрофотометрично за кольоровою реакцією між малоновим діальдегідом і тіобарбітуровою кислотою, яка протікає в кислому середовищі та при дії високої температури, утворюючи триметильний комплекс (Коробейникова, 1989). Активність супероксиддисмутази (СОД) визначали за методом, що базується на відновленні нітротетразолію синього супероксидними радикалами, які утворюються у результаті реакції між феназинметасульфатом і відновленою формою нікотинаміддинуклеотиду (Дубиніна, 1983). Визначення активності каталази проводили, використовуючи метод, що ґрунтується на утворенні стійкої кольорової комплексної сполуки за реакції перексиду водню з солями амоній молібдату (Корольок, 1988). Визначення

вказаних показників у біологічному матеріалі риб проводили згідно зазначених методик, які описані у довіднику [14]. Визначення вмісту білка проводили за методом Бредфорда [15].

Одержані цифрові дані опрацьовували методами варіаційної статистики, використовуючи стандартний пакет статистичних програм Microsoft Excel. Визначали середні арифметичні величини (M), середню квадратичну помилку (m) і вірогідність різниць (P) між досліджуваними середньоарифметичними величинами. [2]

Результати досліджень. Оскільки гепатопанкреас коропа є ключовим метаболічним органом, у ньому інтенсивно утворюються АФК в процесі обміну речовин та детоксикації. САЗ у свою чергу нейтралізує ці реактивні молекули запобігаючи окисному пошкодженню клітинних мембран.

Результати проведених досліджень показали, що активність ензимів антиоксидантного захисту за введення до раціону суміші мікроводоростей хлорели та спіруліни істотно не змінювалася, однак відмічено певні тенденції (таблиця 1).

Таблиця 1

Активність СОД і каталази та вміст дієнових кон'югатів і ТБК-активних продуктів у тканинах гепатопанкреаса коропа за застосування у їх раціоні мікроводоростей ($M \pm m$, $n=4$)

Досліджувані показники	Контроль	Дослід 1	Дослід 2
СОД, Ум. Од/хв. мг Б	$4,84 \pm 0,31$	$4,80 \pm 0,26$	$5,08 \pm 0,12$
Каталаза, Мкмоль H_2O_2 /хв. х мг білка	$47,95 \pm 0,18$	$47,97 \pm 0,26$	$48,32 \pm 0,24$
Дієнові кон'югати, С (нмоль /мг білка)	$0,85 \pm 0,14$	$0,87 \pm 0,06$	$0,79 \pm 0,07$
ТБК-активні продукти, (нмоль /мг білка)	$1,20 \pm 0,08$	$1,17 \pm 0,04$	$1,03 \pm 0,08$

Зокрема, у Досліді 1 активність ключового ензиму антиоксидантного захисту – СОД була на рівні Контролю, це свідчить про стабільність САЗ при малих дозах мікроводоростей. При цьому встановлено підвищення супероксиддисмутазної активності на 5 % у Досліді 2 в порівнянні з контрольною групою, що вказує на дозозалежну активацію ензимної ланки САЗ. Вірогідних змін щодо активності каталази у гепатопанкреасі коропа Досліді 1, відносно Контролю нами не зафіксовано. Однак у Досліді 2 активність каталази зросла на 0,8 %. Незначні зміни свідчать про ефективну нейтралізацію пероксиду водню в тканинах гепатопанкреаса.

Показники ПОЛ у гепатопанкреасі коропа за введення до раціону різних доз мікроводоростей демонстрували тенденцію до зниження. Ці зміни більшою мірою були виражені у Досліді 2, де вміст дієнових кон'югатів знизився на 7,1 % та ТБК-активних продуктів на 14,2 % порівняно з Контролем. Зниження цих показників свідчить про пригнічення процесів ПОЛ та зменшення інтенсивності окисного пошкодження мембран гепатоцитів.

Особливо виражений ефект спостерігався у другій дослідній групі, де частка мікроводоростей у раціоні становила 5 %, у цьому випадку підвищення активності ензимів САЗ поєднувалося зі зниженням вмісту як первинних, так і вторинних ПОЛ, що вказує на стабілізацію прооксидантно-антиоксидантного балансу в тканинах гепатопанкреаса коропа. Очевидно, це пов'язано з тим, що досліджувані мікроводорості є джерелом природних антиоксидантів, які здатні пригнічувати

утворення вільних радикалів, захищати ліпіди клітинних мембран від окиснення та підвищувати адаптаційні можливості організму. Результати нашого дослідження узгоджуються з даними інших авторів, які показали, що введення мікрородоростей до раціону риб позитивно впливає на АОС та знижує продукти ПОЛ в печінці [4, 5].

Аналіз гематологічних показників встановив, що додавання різних доз суміші мікрородоростей до раціону коропа призвело до помірного підвищення вмісту гемоглобіну: у Досліді 1 на 6,2 % та Досліді 2 на 7,5 % відносно Контролю (таблиця 2). Це свідчить про покращення транспорту кисню до тканин, що може сприяти оптимізації обмінних процесів та підвищенню рибопродуктивності. Кількість еритроцитів при цьому залишалась стабільною у двох дослідних групах та Контролі.

Таблиця 2

Вміст гемоглобіну та кількість еритроцитів у сироватці крові коропа за застосування у їх раціоні мікрородоростей ($M \pm m, n=4$)

Досліджувані гематологічні показники	Контроль	Дослід 1	Дослід 2
Гемоглобін, г/л	109,2	116	117,4
Еритроцити, Т/л	1,25	1,23	1,27

Збереження стабільного рівня еритроцитів та гемоглобіну, відображене в отриманих результатах досліджень, є критично важливим для підтримки гомеостазу кровоносної системи та функціональної цілісності організму коропа, оскільки значні коливання цих показників можуть свідчити про метаболічний стрес, порушення еритропоезу або розвиток анемії.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Введення до раціону коропа суміші мікрородоростей хлорели та спіруліни, як часткового заміника білка, сприяло стабілізації антиоксидантної системи організму. У тканинах гепатопанкреаса відмічено тенденцію до підвищення ензимів САЗ та зниження вмісту продуктів ПОЛ. Одночасно встановлено підвищення вмісту гемоглобіну без зміни кількості еритроцитів, що свідчить про покращення фізіологічного стану та киснево-транспортної функції крові коропа. Отримані результати підтверджують, що мікрородорості є безпечним і функціонально корисним компонентом корму. Подальші дослідження слід спрямувати на комплексне вивчення впливу часткової заміни білка тваринного походження у кормах на мікрородорості, а також оцінити їх функціональний вплив на показники неспецифічної резистентності організму риб.

Подяки. Автори висловлюють щире подяку рибному господарству, що спеціалізується на вирощуванні риб родини коропових, лососевих та осетрових – ТЗОВ «Карпатський Водограй» (м. Пустомити) – за сприяння у проведенні досліджень та наданні виробничих потужностей, а також біотехнологічній компанії, що спеціалізується на вирощуванні живого планктонного штаму хлорели – ТОВ «Хлорела Україна» (м. Біла Церква) – за консультативну підтримку та плідну співпрацю.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Желтов Ю. О. Методичні вказівки з проведення дослідів по годівлі риб. *Рибне господарство*. 2003. Вип. 62, С. 23–28.
2. Камінський В. Ф., Буслаєва Н. Г. Основи прикладного математичного аналізу в сільськогосподарських дослідженнях: методичні рекомендації: Київ, 2011. 28 с.

3. Oxidative stress and antioxidant biomarker responses in fish exposed to heavy metals / a review Zeng Y. et., all : Environmental Monitoring and Assessment. 2025. Vol. 197. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-025-14376-w>
4. Dietary Supplementation of *Chlorella vulgaris* Effectively Enhanced the Intestinal Antioxidant Capacity and Immune Status of *Micropterus salmoides* / Yu H., et. all : Antioxidants. 2023. Vol. 12 (8) P. 1565. DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox12081565>
5. Improving Growth, Digestive and Antioxidant Enzymes and Immune Response of Juvenile Grass Carp (*Ctenopharyngodon idella*) by Using Dietary *Spirulina platensis* / Faheem M., et. all : Fishes. 2022. Vol. 7 (5). P. 237. DOI: <https://doi.org/10.3390/fishes7050237>
6. The protective effects of dietary microalgae against hematological, biochemical, and histopathological alterations in pyrogallol-intoxicated *Clarias gariepinus* / Hamed M., et. all : Heliyon. 2024 Vol. 10 (24). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e4093>.
7. Аквакультура для кліматично стійкого майбутнього/ за ред. Даутарте А. 2025. 145 с. URL: <https://dibluca.vdu.lt/wp-content/uploads/E-Book-UA.pdf>. (дата звернення: 16.02.2026).
8. Fishmeal replacement with *Spirulina Platensis* and *Chlorella vulgaris* in African catfish (*Clarias gariepinus*) diet: Effect on antioxidant enzyme activities and haematological parameters / Raji A.A., et. all : Research in Veterinary Science. 2018. Vol. 119. P. 67–75. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2018.05.013>
9. Effects of supplementing the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diet with *Spirulina* and *Chlorella* on the tissue's cadmium detoxification capacity, growth performance, fatty acid composition, antioxidant defense system and liver histology / Harmantepe F. B., Gündoğdu A., Karşlı Z., Sağır D. : Aquaculture. 2025. Vol. P. 595. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2024.741687>
10. Sheikhzadeh N., Soltani M., Heidarieh M., Ghorbani M. Role of Dietary Microalgae on Fish Health and Fillet Quality: Recent Insights and Future Prospects : Fishes. 2024. Vol. 9(1). P. 26. DOI: <https://doi.org/10.3390/fishes9010026>
11. FAO. An overview on local alternative ingredients, aquafeed supply and feeding management in selected African countries. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2025. *FAO : Fisheries and Aquaculture Technical Paper*. No. 734. URL: <https://www.fao.org> (Last accesser: 28.02.2026)
12. Microalgae – nutritious, sustainable aqua- and animal feed source / Dineshbabu G. et all : Journal of Functional Foods. 2019. Vol. 62. P. 5. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103545>
13. Harmantepe B., Yılmaz E. Effects of spirulina and chlorella used as protein source on growth and digestion enzymes of common carp (*Cyprinus carpio*, L., 1758). : Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology. 2025. Vol. 13 (3). P. 787–793. DOI: <https://doi.org/10.24925/turjaf.v13i3.787-793.7254>
14. Лабораторна діагностика у ветеринарній медицині / Влізло В. В. та ін. : Довідник. 2-ге видання. Львів. 2014. 152 с.
15. Bradford M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding : Analytic Biochemistry. 1976. Vol. 72. P. 248–254.
16. *Chlorella vulgaris* as a Livestock Supplement and Animal Feed: A Comprehensive Review / Gadzama I. U., et. all : Animals. 2025. Vol. 15(6). P. 879. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani15060879>
17. Al Sulivany B. S. A., Omar I., Yousif A., Owais M. Effects of Dietary Green Microalgae (*Chlorella vulgaris*) and Iron Nanoparticles on Biochemical, Enzymatic, and Tissue Health in *Cyprinus carpio*. : Journal of Aquaculture Science. 2025. Vol. 10(2) P. 98–108. DOI: <https://doi.org/10.20473/joas.v10i2.74314>
18. Dietary *Chlorella vulgaris* modulates the performance, antioxidant capacity, innate immunity, and disease resistance capability of Nile tilapia fingerlings fed on plant-based diets / Abdel-Tawwab M., et. all : Animal Feed Science and Technology 2022. Vol. 283. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.115181>

19. The effect of *Spirulina platensis* on water quality factors, biofloc composition, growth efficiency, fatty acid and amino acid profile of fillets, carcass composition, Antioxidant activities, bacterial population, and gene expression in common carp (*Cyprinus carpio*) reared in a system without water exchange / Alishahi R., et. all : Aquacultural Engineering. 2026. Vol.112. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2025.102660>
20. Nutritional applications of species of *Spirulina* and *Chlorella* in farmed fish: A review / Alagawany M., et. all : Aquaculture. 2021. Vol. 542. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736841>
21. Aly S. M., El Banna N. I., Fathi M. *Chlorella* in aquaculture: challenges, opportunities, and disease prevention for sustainable development. Aquaculture International. 2024. Vol. 32(2). P. 1559–1586. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10499-023-01229-x>
22. Продуктивні характеристики дволіток коропа за умов згодовування мікро-водоростей / Ти́бінка А. Р. та ін. Сучасні проблеми раціонального використання водних біоресурсів : VII Міжнар. наук.-практ. конф. : матер. Київ : ПРО ФОРМАТ, 2025. С. 243–245.
23. Effects of Dietary Protein Levels on the Growth, Physiological, and Biochemical Indices of Juvenile Yellow River Carp (*Cyprinus carpio haematopterus*) Jiang X., et. all : Animals. 2025. Vol. 15(12). DOI: <https://doi.org/10.3390/ani15121800>
24. Albaqami N. M. *Chlorella vulgaris* as unconventional protein source in fish feed: A review : Aquaculture. 2025. Vol. 594. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2024.741404>
25. Mendes A. R., Spínola M. P., Lordelo M., Prates J. A. Chemical compounds, bioactivities, and applications of *Chlorella vulgaris* in food, feed and medicine. : Applied Sciences. 2024. Vol. 14(23). DOI: <https://doi.org/10.3390/app142310810>
26. Effect of *Spirulina platensis* on growth, hematological, biochemical, and immunological parameters of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) / Youssef I. M., et. all : Tropical Animal Health and Production. 2023. Vol. 55(4). P. 275. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11250-023-03690-5>
27. Zhang F., Man Y. B., Mo W. Y., Wong M. H. Application of *Spirulina* in aquaculture: a review on wastewater treatment and fish growth. / Reviews in Aquaculture. 2020. Vol. 12(2). P. 582–599. DOI: <https://doi.org/10.1111/raq.12341>
28. Sushma A. K., Sharma P. Therapeutic and Nutritional aspects of *Spirulina* in Aquaculture. : Journal of Agriculture and Aquaculture. 2021. Vol. 3(1). P. 1–6.
29. The effect of *Spirulina platensis* on water quality factors, biofloc composition, growth efficiency, fatty acid and amino acid profile of fillets, carcass composition, Antioxidant activities, bacterial population, and gene expression in common carp (*Cyprinus carpio*) reared in a system without water exchange / Alishahi R., et. all : Aquacultural Engineering. 2025. Vol. 112. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2025.102660>
30. Салига Ю.Т., Купиняк Н.І. Тепловий стрес у тварин: монографія. Київ : Аграрна наука, 2025. 320 с. DOI: <https://doi.org/10.31073/978-966-540-634-1>

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 639.3, 597.551.2

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.3.45>

МОРФОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ГІБРИДІВ БІЛОГО ТА СТРОКАТОГО ТОВСТОЛОБІВ

Тімченко О.І. – аспірант кафедри гідробіології та іхтіології,
Національний університет біоресурсів та природокористування України
orcid.org/0009-0009-8398-9515

У статті наведено актуальні та узагальнені дані які було одержано в ході дослідження морфологічних ознак товстолобиків, ці показники мають важливе значення для визначення їх біологічного стану РІР, дають змогу визначити інтенсивності росту, також показують в умовах водосховищ. Товстолобики є основною складовою формування рибопродуктивності та є промисловим видом Кременчуцького водосховища, чисельність цього виду є та його зариблення має велике значення для водосховища. Він має високі темпи росту, та не є конкурентом для аборигенних видів в використанні кормової бази зокрема фітопланктон і зоопланктон, а також виконує біомеліоративну функцію, вони ефективно впливають на якісний та кількісний склад іхтіофауни. Саме тому дослідження та визначення, систематизація та детальний аналіз морфологічних характеристик дозволяють отримати наукові дані завдяки котрим покращиться рибопродуктивності, оптимізації заходів із зариблення.

Після проведення статистичних обробок морфометричних показників, а саме: найбільшої (H) та найменшої (h) висоти тіла, найбільшої товщини тіла (iN), ширини лоба (io), висоти голови через середину ока (hcl) та маси тулуба (mt), [10].

Проведений аналіз дозволяє оцінювати пропорційність будови форми тіла, особливості екстер'єру та виявити певні морфологічні відмінності, що можуть бути пов'язані з умовами нагулу й гідроекологічними чинниками середовища. Отримані результати сприяють доповненню й оновленню відомостей про морфологічні особливості гібридних форм товстолобиків, поширених у водосховищі, а також дають можливість простежити закономірності формування їх морфоструктури в умовах антропогенного трансформованих екосистем. Проведені дослідження мають теоретичне та практичне значення для рибогосподарської галузі, оскільки можуть бути використані при плануванні селекційної роботи, оцінці племінної якості плідників і розробці ефективних заходів щодо відтворення та сталого використання популяцій.

Ключові слова: пластичні та меристичні ознаки, темп лінійного росту, далекосхідні види риб, рибопродуктивність, гібридні форми, морфометричний аналіз, РІР.

Timchenko O.I. Morphological characteristics of hybrids of white and spotted thick-lip fish

The article presents relevant and generalized data obtained during the study of morphological characteristics of silver carp. These indicators are important for determining their biological condition, allow determining growth intensity, and also show conditions in reservoirs. Silver carp are a major component of fish productivity and are a commercial species in the Kremenchuk Reservoir. The abundance of this species and its stocking are of great importance for the reservoir. It has high growth rates and does not compete with native species for food sources, in particular phytoplankton and zooplankton, and also performs a biomeliorative function, effectively influencing the qualitative and quantitative composition of the ichthyofauna. That is why research and identification, systematization, and detailed analysis of morphological characteristics allow us to obtain scientific data that will improve fish productivity and optimize stocking measures. After statistical processing of morphometric indicators, namely: maximum (H) and minimum (h) body height, maximum body thickness (iN), forehead width (io), head height through the middle of the eye (hcl), and torso mass (mt) [10].



© Тімченко О.І., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

The analysis allows us to assess the proportionality of the body shape, exterior features, and identify certain morphological differences that may be related to feeding conditions and hydroecological factors of the environment. The results obtained contribute to the supplementation and updating of information on the morphological features of hybrid forms of silver carp common in the reservoir, and also make it possible to trace the patterns of formation of their morphostructure in anthropogenically transformed ecosystems. The research has theoretical and practical significance for the fishing industry, as it can be used in planning breeding work, assessing the breeding quality of broodstock, and developing effective measures for the reproduction and sustainable use of populations.

Key words: plastic and meristic traits, linear growth rate, Far Eastern fish species, fish productivity, hybrid forms, morphometric analysis, RIR.

Постановка проблеми. Наданий час умови зміни клімату які впливають на інтенсивний ріст планктонних організмів впливають на інтенсивний ріст рослиноїдних риб тому дані щодо морфологічних показників статевозрілих особин товстолобиків Кременчуцького водосховища є дещо застарілими та не в повній мірі описані в літературних джерелах, для більш детального і чіткого розуміння про морфологічні показники потрібно зробити більше ефективні дослідження морфометрії даного виду.

Для проведення іхтіологічних досліджень є основною складовою визначення морфометричних показників виду ознак риб, на яких здійснюються дослідження. Аналіз морфометричних промірів вибірки риб дозволяє показати наявні ознаки та отримати цифрові показники які дозволять скласти статистичну базу даних, яка дає змогу порівнювати отримані показники з Кременчуцького водосховища з даними інших водойм, де проводилися подібні дослідження. [2,10]

Для проведення досліджень у сфері іхтіології та рибицтва одним із важливих етапів є визначення морфологічних ознак об'єктів дослідження. Саме на підставі цих особливостей створюється об'єктивна база даних, яка дає змогу оцінити фізіологічний стан, статистичні дані темпів росу, а також адаптація популяцій. Розгляд морфологічних вимірів товстолобика є вагомим складовою, що гарантує здобуття числових показників, котрі відображають мінливість внутрішньовидових та міжвидових відмінностей.

Актуальність дослідження. В Українських джерелах немає чіткої морфологічної картини товстолобиків Кременчуцького водосховища тому постає актуальне питання в проведенні морфометричних досліджень саме товстолобиків з даної водойми. На опрацювання відбиралися лише статевозрілі особини даного виду.

Для проведення морфометричного аналізу матеріал було отримано з виловів на акваторії Кременчуцького водосховища. Для проведення досліджень відібрано лише статевозрілі особини товстолобиків, що дозволяє отримати більш об'єктивні дані щодо сформованих морфологічних ознак та уникнути впливу вікових особливостей росту на показники морфометрії.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Напрацьована статистична база даних відкриває значні перспективи для проведення підсумкових розрахунків, які дозволяють порівнювати отримані результати з подібними даними з інших водойм та областей. Це дає нагоду прослідкувати дію різноманітних екологічних чинників, а також антропогенних зрушень на морфометричних властивостях товстолобиків. Додатково, періодичний нагляд за морфометричними показниками допомагає відстежити вектори змін у конфігураціях популяцій, що є суттєвим для ухвалення відповідних заходів що до підвищення рибопродуктивності та зариблення водойм. [10,12]

Отже, визначення й порівняння морфометричних ознак є основоположним етапом наукових пошуків, що забезпечує послідовний підхід до вивчення адапційних

процесів в товстолобика та сприяє ефективному використанню даного виду в підвищенні рибопродуктивності Кременчуцького водосховища.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Товстолобики (лат. *Hypophthalmichthys molitrix*) – цінна промислова риба. Одною з основних властивостей це великий темп росту, що дає в свою чергу високу рибопродуктивність для водойм які зариблюються товстобиків, їх використовують для підвищення підвищення рибопродуктивності природних водойм, які дають високу рибопродуктивність. Річний вилов товстолобика у Кременчуцькому водосховищі становить 230 т [1, 11].

Про аналізувавши подібні дослідження та публікацій, де фігурувала інформація про морфологічні характеристики товстолобиків є обмеженою та застарілою, тому актуальним є дослідження та надання нових матеріалів які дозволять оновити інформацію та зробити більш актуальні висновки[2].

Морфологічні особливості товстолобика показують виражену варіативність, яка в свою чергу залежить від таких факторів: віку та статі риби, умов в яких проводиться вирощування (кількість зариблення, якість кормової бази, температура води), велике значення має екологічних характеристик водойми до неї можна віднести: гідрохімічного складу, кисневого режиму та доступності природної кормової бази [6].

Таким чином, морфологічна структура товстолобика є результатом комплексної адаптації до вмісту планктону в водоймі оскільки його живлення безпосередньо залежить від кормової бази а саме наявності чи відсутності планктонних організмів, а зміни складу планктону можуть виступати індикаторами загального екологічного стану водойми. [8].

Новизна. Уперше здійснено повний морфометричний аналізстатевозрілих товстолобиків, які було виловлено в Кременчуцького водосховищі. Визначено та систематизовано їхні лінійні та масові показники, а також пропорційні співвідношення, які раніше залишалися невивченими або застарілим для цієї водойми. Отримані дані дозволяють зформувати цифровий матеріал даних морфологічної товстолобиків в сучасних екологічних умовах водосховища та вважаються науковою основою для оптимізації рибогосподарського використання цих видів.

Виклад основного матеріалу. Провівши морфологічний визначено середні значення основних пластичних показників статевозрілих особин гібридів білого та строкатого товстолобика.

Порівняльна оцінка морфометричних ознак, таких як зоологічна довжина (L), стандартна довжина (l), найбільша (H) та найменша (h) висота тіла, показала, що гібриди є сумішшю двох видів і мають морфологічні показники від двох ліній батьків, так було виявлено що є гібриди які більше схожі до білого або строкатого товстолобика

Морфометричні показники товстолобика У таблиці наведено головні статистичні риси морфометричних показників товстолобика. Для кожного параметра обчислено середнє значення, найменші та найбільші межі, стандартне відхилення та коефіцієнт варіації, що дає змогу визначити рівень мінливості ознак у вибірці.

Середня довжина тіла товстолобика (lc) становила 27,23 см із коливанням від 25,2 до 30,4 см. Загальна довжина (L) була дещо більшою – у середньому 30,15 см. Морфометричні параметри голови товстолобика – довжина (lc), ширина (bc) та висота (hc) – демонстрували середні значення відповідно 6,00 см, 4,99 см та 7,35 см, з помірним розсіюванням навколо середнього.

Довжина ока товстолобика ($\varnothing_o$) має найвищу варіабельність серед інших показників (13,57 %), ця ознака вказує індивідуальну мінливість цієї ознаки. Інші

параметри, такі як міжочна відстань (іо), висота (Н) та ширина тіла (В), мали коефіцієнти варіації у межах 6–8 %, що свідчить про відносно стабільні морфологічні характеристики. Довжина хвостового плавця товстолобика (lcp) демонструвала найнижчий рівень варіації (5,92 %), що може свідчити про еволюційно закріплену стабільність цієї морфологічної ознаки.

Таким чином, представлені дані свідчать про помірний ступінь мінливості морфометричних характеристик товстолобика, що є типовим для однорідної популяції.

У таблиці подано основні середні (М), середньоквадратичні відхилення (σ), похибки середніх ($\pm m$) та діапазони варіації (min–max) для вибраних морфометричних і меристичних ознак. Дані України наведено за результатами власних досліджень проведених на Кременчуцьке водосховищі; дані Пакистану – за Safi et al. 2015 [10]., Індії – за Pant et al. 2018. [11].

Виявлена морфологічна варіабельність гібридів свідчить про реалізацію гібридного ефекту, що поєднує риси як білого, так і строкатого товстолобика.

Отримані результати можуть бути використані для ідентифікації гібридних форм у природних і штучних популяціях товстолобика. Паластичні ознаки наведені в (таблиця 1.)

Таблиця 1

Географічні Варіації морфо–метричних ознак товстолобика

Показник	Кременчуцьке водосховище (М $\pm$ m, min–max)	Safi et al., 2015 (Пакистан)	Pant et al., 2018 (Індія)	Янцзи (Китай)	Примітка
Довжина стандартна (SL)	50,00–75,00	45–72	48–70	50–80	схоже
Довжина зоологічна (L)	112,28–120,59	110–122	108–125	110–130	збігається
Луски на бічній лінії	89–112	90–110	88–112	85–110	схоже
Променів у спинному плавці (D)	8–13	8–9	8	8–9	збігається
Променів в анальному плавці (A)	11–14	11–13	12–13	11–14	збігається
Променів у грудному плавці (P)	10	9–10	10	9–11	майже ідентично
Променів у хвостовому плавці (C)	23–28	21–25	22–26	22–28	схоже
Найбільша висота тіла (H)	16,00–26,00	15–25	17–27	16–28	дуже близько
Маса риби без нутрощів	75,28–86,50	70–85	74–88	70–90	збігається

У результаті проведення комплексного аналізу меристичних та біологічних ознак вдалося визначити середні значення відповідних показників для

статевозрілих особин гібридів товстолобика. В дослідженні було висвітлено як кількісні характеристики ознак зовнішньої будови, так і особливості біологічної організації гібридних форм.

Ретельно було вивчено основні меристичні ознаки, які мають важливе значення для таксономічної ідентифікації та характеристики нових гібридних форм. Провівши данні дослідження було вперше встановлено середні значення таких показників, як кількість лусок у бічній лінії (Il), кількість лусок над бічною лінією (Squ1), кількість лусок під бічною лінією (Squ2), а також кількість променів в анальному плавці (A). Додатково зафіксовано інші морфологічні елементи, що формують комплексну характеристику гібридів. Виявлена морфологічна варіабельність гібридів свідчить про реалізацію гібридного ефекту, що поєднує риси як білого, так і строкатого товстолобика.

Отримані результати можуть бути використані для ідентифікації гібридних форм у природних і штучних популяціях товстолобика. Паластичні ознаки наведені в таблиці 1.

Кількість променів в анальному плавці (A) залишалася у межах норми для обох батьківських форм, однак у гібридів спостерігалася незначна варіабельність, що може бути наслідком як генетичної комбінації, так і впливу умов вирощування. Отримані результати підтверджують морфологічну пластичність гібридних форм і наявність у них ознак, що успадковуються як за домінантним, так і за проміжним типом. (табл. 2).

Таблиця 2

**Меристичні показники товстолобиків
Кременчуцькому водосховищі за 2022-2025р.**

Меристичні ознаки	Кременчуцьке водосховище 2022-2025 рр.		Кременчуцьке водосховище 1976 р.	
	M	Min-max	M	Min-max
Луски на бічній лінії (I.1)	97,16±0,412	89 – 112	91,1±0,12	84 – 107
Луски над бічною лінією (Squ1)	46,5±1,18509	37 – 52	43,9 ± 1,185093	34 – 47
Луски під бічною лінією (Squ2)	59,7±0,73576	54 – 73	57,16667± 0,920624	50 – 68
Луски хвостового стебла (Squ pi)	35,8±1,44604	29 – 42	37,72414± 0,85458	30 – 45
Променів у спинному плавці (D)	9,866667	8 – 13	9,266667	8 – 12
Променів в анальному плавці (A)	12,89655	11 – 14	12,89655	11 – 14
Променів у грудному плавці (P)	8,5	10 – 9	8,333333	10 – 8
Променів у черевному плавці (V)	8,7	7 – 9	8,4	6 – 9
Променів у хвостовому плавці (C)	25,41379	23 – 28	23,7931	20 – 26

Отримані результати відображають особливості морфологічної організації гібридів білого та строкатого товстолобика, які раніше не були описані. Встановлені показники мають наукову новизну та можуть бути використані для подальших досліджень у галузі іхтіології, біометрії та гібридології, а також для розроблення критеріїв ідентифікації гібридних форм у природних і штучних популяціях.

Аналіз варіативності меристичних ознак засвідчив, що отримані дані відображають унікальні морфологічні риси гібридів, які формуються внаслідок поєднання спадкових ознак батьківських форм і характеризують їх як окрему групу з притаманними біометричними параметрами.

Подібна тенденція спостерігалася і в кількості лусок над (Squ1) та під (Squ2) бічною лінією (Табл. 3)

Таблиця 3

Порівняльна характеристика морфологічних показників товстолобиків з нативного ареалу та Кременчуцького водосховища

Меристичні ознаки	Кременчуцьке водосховище 2022-2025 рр.		Кременчуцьке водосховище 1976 р.	
	М	Min-max	Min-max	М
Довжина зоологічна (L)	116,98±0,41	112,28 – 120,59	110–130	117,97±0,81
Довжина тіла (l _{cor})	46,39±0,95	39,00 – 56,00	38–58	46,57±1,10
Найбільша висота тіла (H)	20,91±0,57	16,00 – 26,00	15–27	19,96±0,64
Найменша висота тіла (h)	8,00±0,32	6,00 – 12,00	6–12	8,32±0,36
Найбільша товщина тіла (iH)	9,45±0,32	7– 13,00	6–13	9,19±0,38
Обхват тіла (C _{cor})	79,05±0,96	67 – 90,00	65–95	79,76±1,15
Відстань до спинного плавця (aD)	49,92±0,72	41,43 – 56,45	41,43 – 57,41	50,37±0,77
Відстань за спинним плавцем (pD)	62,08±1,15	49,12 – 71,67	51,43–70	62,20±1,02
Відстань до грудного плавця (aP)	28,94±0,41	25,37 – 33,87	26,25 – 33,87	29,20± 0,40
Відстань до черевного плавця (aV)	45,67±0,82	35,71 – 58,33	37,13 – 49,23	44,75±0,62
Відстань до анального плавця (aA)	65,66±1,01	52,86 – 73,44	53,75 – 72,58	64,56± 0,75
Довжина хвостового стебла (pi)	24,77±0,39	20,90 – 29,03	21,81 – 27,32	21,32±0,28
Відстань між грудним і черевним плавцями (PV)	65,25±09,14	54,84 – 78,00	53,75 – 70,00	62,98 ±0,94

Продовження таблиці 3

Меристичні ознаки	Кременчуцьке водосховище 2022-2025 рр.		Кременчуцьке водосховище 1976 р.	
	М	Min-max	Min-max	М
Відстань між черевним і анальним плавцями (VA)	31,07±0,62	24,29 – 37,50	22,86 – 36,11	30,26 ± 0,61
Довжина основи спинного плавця (ID)	8,73±0,20	7,02 – 11,29	7,41 – 12,90	8,83± 0,22
Висота спинного плавця (hD)	11,67±0,29	8,57 – 14,06	8,96 – 15,63	11,73±0,30
Довжина основи анального плавця (IA)	11,60±0,28	8,57 – 14,08	8,95 – 15,49	11,65±0,29
Висота анального плавця (hA)	10,62±0,31	6,25 – 14,52	8,75 – 14,52	10,70±0,24
Довжина грудного плавця (IP)	6,80±0,15	5,26 – 9,68	5,88 – 11,11	7,02±0,19
Довжина черевного плавця (IV)	4,52±0,17	2,94 – 6,45	3,13 – 7,41	5,2 ±0,18
Довжина верхньої лопаті хвостового плавця (IC1)	12,63±0,40	8,82 – 16,13	8,75 – 17,74	12,74±0,41
Довжина нижньої лопаті хвостового плавця (IC2)	12,63±0,40	8,82 – 16,13	8,75 – 17,74	12,74±0,41

Таким чином, дослідження меристичних і біологічних ознак гібридів білого та строкатого товстолобика дозволяє більш глибоко зрозуміти специфіку формування гібридних морфотипів. Це має практичне значення для аквакультури, зокрема при розробці рекомендацій щодо селекції, штучного відтворення та ведення гібридних популяцій у водоймах різного типу.

Висновки

1. Результати проведених досліджень свідчать про те, що товстолоб, виловлений у Кременчуцькому водосховищі, характеризується високими темпами росту, що є важливим показником біологічної продуктивності виду та його перспективності для подальшого використання в аквакультурі та рибогосподарській діяльності.

2. Встановлено, що гібриди білого та строкатого товстолобика демонструють добру пристосованість до умов середовища водосховища. Це підтверджується стабільними морфологічними показниками, значеннями меристичних ознак та високою пластичністю досліджуваних особин.

3. Аналіз біологічних та морфологічних параметрів дозволяє стверджувати, що систематичне та контрольоване зариблення Кременчуцького водосховища гібридами товстолобика є доцільним заходом. Такий підхід сприятиме ефективнішому використанню природної кормової бази, покращенню якісного складу іхтіофауни та збільшенню загальної рибопродуктивності водойми.

4. Враховуючи високий біологічний потенціал гібридних форм товстолобика, їх рекомендується включити до програм меліоративного та промислового зариблення. Це дозволить не лише стабілізувати трофічну структуру водної екосистеми, але й забезпечити сталий приріст рибної продукції для господарських потреб.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Головка М. П., Головка Т. М., Крикуненко Л. О. Щодо екологічної безпечності рибних ресурсів Кременчуцького водосховища / Харчова наука і технологія. 2016. № 10(3). С. 66–75. DOI: 10.15673/fst.v10i3.184.
2. Лисак О. О., Шевченко П. Г., Цедик В. В. Аналіз морфометричних показників коропа кої японської лінії *Suqinus carpio koi* на прикладі чотирьох основних порід / Природа Західного Полісся та прилеглих територій. Луцьк : Східноєвроп. нац. ун-т ім. Лесі Українки, 2014. № 11. С. 276–281.
3. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / за ред. В. Д. Романенка. Київ : Логос, 2006. 408 с.
4. Корнієнко В. О. Методи проведення морфологічного аналізу риб. Херсон : РВВ «Колос» ХДАУ, 2020. 44 с.
5. Мельниченко О. П., Якименко І. Л., Шевченко Р. Л. Статистична обробка експериментальних даних : навч. посіб. Біла Церква, 2006. 256 с.
6. Основи статистичної обробки даних: ймовірність і статистика : електрон. ресурс : навч. посіб. для студ. спец. 153 «Мікро- та наносистемна техніка». Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 78 с. URL: <https://kpi.ua> (дата звернення: 18.02.2026).
7. Гринько В. М. Морфологічні особливості товстолобика (*Hypophthalmichthys molitrix*) в умовах штучного вирощування / Вісник біології та екології. 2015. № 3. С. 45–52.
8. Кондратюк В. М., Грициняк І. І., Третяк О. М. Рибництво : підручник. Київ : Урожай, 2008. 336 с.
9. Мироненко Л. С., Петренко О. В. Вплив гідрохімічного складу водойм на морфологічні показники товстолобика / Український журнал іхтіології. 2017. Т. 4, № 2. С. 115–123.
10. Макаренко А. А., Шевченко П. Г., Ситник Ю. М. Морфометричні показники однорічок гібрида білого із строкатим товстолобів / Науковий вісник НУБіП України. Серія: Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва. 2018. Вип. 289. С. 110–119.
11. Мовчан Ю. В. Риби України (визначник-довідник). Київ : Золоті ворота, 2011. 444 с.
12. Халтурин М. Б., Шевченко П. Г., Сондак В. В., Климковецький А. А. Морфологічна характеристика ліна (*Tinca tinca* L.) Сумської та Чернігівської областей / Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету ім. В. Гнатюка. Серія: Біологія. 2022. Т. 82, № 4. С. 65–69.
13. Safi A. U. R. et al. Morphometric and meristic analysis of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) from Tanda Dam, District Kohat, Pakistan / *Global Veterinaria*. 2015. Vol. 15(1). P. 82–92. URL: [https://www.idosi.org/gv/gv15\(1\)15/14.pdf](https://www.idosi.org/gv/gv15(1)15/14.pdf) (дата звернення: 18.02.2026).
14. Pant B., Kaur R., Lohani V., Ram R. N. Morphometric characteristics of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) under captive conditions / *The Pharma Innovation Journal*. 2018. Vol. 7(2). P. 17–20. URL: <https://www.thepharmajournal.com/archives/?ArticleId=1691> (дата звернення: 18.02.2026).
15. Wang J., Yang G., Zhou G. Quantitative trait loci for morphometric body measurements of the hybrids of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) and bighead carp (*H. nobilis*) / *Biologia Futura*. 2013. Vol. 64. P. 169–183. DOI: <https://doi.org/10.1556/ABiol.64.2013.2.4> (дата звернення: 18.02.2026).

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 574.4:632.7:519.876

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.3.46>

МОДЕЛЮВАННЯ ПОШИРЕННЯ ПОПУЛЯЦІЙ ІНВАЗІЙНИХ ЧЛЕНИСТОНОГИХ В УРБОЕКОСИСТЕМАХ ПРОМИСЛОВОГО ТИПУ

Фокін А.В. – д.с.-г.н.,

провідний науковий співробітник

лабораторії ентомології та фітопатології,

Інститут біоенергетичних культур та цукрових буряків

Національної академії аграрних наук України

orcid.org/0000-0002-6872-0421**Бондарева Л.М.** – к.с.-г.н., доцент

доцент кафедри ентомології, інтегрованого захисту та карантину рослин,

Національний університет біоресурсів і природокористування України

orcid.org/0000-0002-8171-2338

У статті досліджено просторово-часові закономірності поширення популяцій інвазійних членистоногих в урбоекосистемах промислового типу як складних мозаїчних систем із високим рівнем антропогенного впливу. Обґрунтовано, що урбанізоване середовище виступає не лише як осередок інтродукції чужорідних видів, а й як ключовий чинник формування їх просторової структури та динаміки популяцій. Показано значення просторової неоднорідності міських ландшафтів у формуванні осередків підвищеної чисельності інвазійних видів. Запропоновано підхід до моделювання динаміки урбоекосистеми на основі використання фонові матриці та атрактивних точок, що дозволяє формалізувати процеси трансформації просторового розподілу популяцій за критерієм Сведберга. Встановлено, що характер розподілу змінюється залежно від напрямку поширення атрактивних зон і ступеня насичення екосистеми: вертикальне поширення не викликає істотних змін, тоді як горизонтальне та радіальне зумовлюють швидкий перехід до контагіозного розподілу навіть за низького рівня насичення. Показано, що максимальна агрегованість популяцій досягається при середніх значеннях насичення системи, після чого відбувається поступове повернення до рівномірного розподілу. Розкрито екологічну роль урбоекосистеми як середовища, що може функціонувати як стабілізуюча система для видів-гемерофілів або як екологічна пастка для видів-гемерофобів. Розроблено модель інфільтрації популяцій інвазійних видів-гемерофобів до периферійних ділянок екосистеми з урахуванням трофічної спеціалізації, просторових характеристик середовища та міжвидової конкуренції. Для опису переходів між станами застосовано апарат марківських процесів, що дозволяє врахувати стохастичний характер динаміки популяцій. Отримані результати розширюють уявлення про механізми поширення інвазійних видів у міських екосистемах і можуть бути використані для прогнозування їхньої динаміки та розробки ефективних заходів управління біологічними інвазіями.

Ключові слова: гемерофіли, гемерофоби, екологічна пастка, просторове моделювання, контагіозність, марківські процеси.

Fokin A.V., Bondareva L.M. Modeling the spread of invasive arthropod populations in industrial urban ecosystems

This article examines the spatiotemporal patterns of invasive arthropod population spread in industrial urban ecosystems, which are complex mosaic systems characterized by a high level of anthropogenic impact. It is demonstrated that the urban environment acts not only as a point of introduction for alien species but also as a key factor shaping their spatial structure and



© Фокін А.В., Бондарева Л.М., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

population dynamics. The study highlights the importance of spatial heterogeneity in urban landscapes for the formation of hotspots with increased abundance of invasive species.

An approach to modeling urban ecosystem dynamics, based on a background matrix and attractive points, is proposed, enabling the formalization of transformation processes in the spatial distribution of populations. It has been established that the distribution pattern changes depending on the direction of spread of attractive zones and the degree of ecosystem saturation: vertical spread does not cause significant changes, whereas horizontal and radial spread lead to a rapid transition to a contagious distribution even at low saturation levels. It has been shown that maximum population aggregation is achieved at average system saturation levels, after which a gradual return to uniform distribution occurs. The ecological role of urban ecosystems is demonstrated as either a stabilizing environment for hemerophilous species or an ecological trap for hemerophobic species. A model describing the infiltration of invasive hemerophobic populations into peripheral areas of the ecosystem has been developed, taking into account trophic specialization, spatial characteristics of the environment, and interspecific competition. To describe transitions between system states, a Markov process framework was applied, enabling the representation of the stochastic nature of population dynamics. The findings contribute to a deeper understanding of the mechanisms underlying the spread of invasive species in urban ecosystems and can be applied to predict their dynamics and develop effective management strategies for biological invasions.

Key words: *hemerophiles, hemerophobes, ecological trap, spatial modeling, aggregation, Markov processes.*

Актуальність теми дослідження. Біологічні інвазії є одним із провідних глобальних чинників трансформації біорізноманіття та функціонування екосистем, що супроводжується значними екологічними та економічними наслідками. За сучасними оцінками, інвазійні види завдають сучасній економіці збитків щонайменше на 70 млрд USD щороку [3, 5]. Особливе місце в цих процесах займають комахи-фітофаги, які завдяки високій чисельності, мобільності та тісним трофічним зв'язкам із рослинами здатні швидко поширюватися та формувати значні осередки пошкодження [14].

Однією з ключових фаз інвазійного процесу є просторове поширення, яке визначає масштаби та інтенсивність інвазій. Для багатьох чужорідних видів характерна нерівноважна динаміка популяцій, за якої процес освоєння нових територій триває навіть через тривалий час після первинної інтродукції. Темпи просторової експансії можуть суттєво варіювати між видами і визначаються складною взаємодією демографічних процесів, екологічних умов і антропогенних факторів [13].

Урбанізація розглядається як один із ключових драйверів сучасних біологічних інвазій [4, 12]. Міські екосистеми виступають як первинні осередки інтродукції чужорідних видів і водночас як джерела їхнього вторинного поширення в навколишні природні та аграрні ландшафти [8]. Специфічні ландшафти урбанізованого середовища, зокрема підвищені температури, фрагментація біотипів і трансформація рослинного покриву, формують нові екологічні ніші, які можуть сприяти закріпленню та розвитку інвазійних популяцій [11].

Постановка проблеми. Незважаючи на значний обсяг накопичених даних [15, 17], просторово-часові закономірності поширення інвазійних членистоногих в урбоекосистемах залишаються недостатньо вивченими. Зокрема, обмеженням є розуміння того, як поєднання структурної неоднорідності міського середовища та видових особливостей інвазійних організмів впливає на формування локальних осередків високої чисельності та їхню подальшу динаміку. Це зумовлює необхідність застосування просторово-орієнтованих підходів до моделювання інвазійних процесів, які дозволяють враховувати мозаїчну структуру урбоекосистеми і виявляти закономірності формування та розвитку інвазійних популяцій.

Метою даного дослідження є аналіз просторово-часових закономірностей поширення інвазійних членистоногих в урбоекосистемах та розробка моделі їхньої просторової динаміки з урахуванням структурних характеристик середовища та особливостей взаємодії популяцій.

Методика досліджень. *Основні принципи моделювання.*

Дослідження просторової динаміки інвазійних членистоногих в урбоекосистемах виконано із застосуванням матричного підходу, який дозволяє описати мозаїчну структуру міського середовища та процес формування локальних осередків підвищеної чисельності популяцій.

Для встановлення закономірностей розподілу будь-якого показника в екосистемі необхідно визначити фонову або похідну матрицю. Основною умовою такої матриці є ненульове значення її дисперсії – показника, який дає можливість розраховувати значення критеріїв контагіозності, визначати характер розподілу, причому бажано досягти мінімально можливого, відмінного від нуля, її значення. Якщо обрати з цілих чисел мінімальне – 1, то зміна лише в одному елементі 1 на 2 (на 10%, якщо використовувати матрицю 10×10) дозволить виконати цю умову – дисперсія матриці буде становити 0,1, а розподіл матриці – 0,09 (рівномірний) (рис. 1).

1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Рис. 1. Варіант вертикально орієнтованої фонові матриці 10×10 з рівномірним (0,09) розподілом за критерієм Сведберга (K_c)

Для визначення типу просторового розподілу використано коефіцієнт контагіозності за критерієм Сведберга (K_c), що обчислюється як дисперсія до середнього значення:

$K_c < 1$ – розподіл рівномірний (Р),

$K_c = 1$ – випадковий (В),

$K_c > 1$ – груповий або контагіозний.

Цей інструмент широко застосовується в екології, зокрема й у ентомологічних дослідженнях [2].

Рівномірність у даному випадку важлива як фон, що символізує екосистему (агро- чи біоценоз), у якому започатковується і еволюціонує урбоекосистема. Точка із значенням «2» буде визначати і порядок обчислення контагіозності матриці – за орієнтацією стовпців. Матриця за стовпцями орієнтується таким чином, щоб у кожному стовпці було одне значення «2».

Поява атрактора змінить розподіл похідної матриці. Для показовості приймемо, що атрактивні точки мають значення 11 і 12, які чергуються (на порядок більше, ніж фонові значення). Із збільшенням кількості атракторів – що відповідає еволюції урбоєкосистеми – зменшується кількість фонові інформації до реперної точки, коли інформація атракторів стане переважати фонову. Атрактивні точки перетворюються на фонові, коли урбоєкосистема захопить всю матрицю. Розподіл матриці при цьому також буде змінюватися – зростати від рівномірного до контагіозного, а потім навпаки – з контагіозного до рівномірного. Еволюція завершиться, коли атрактивні точки захоплять всю або переважну більшість екосистеми.

Ступінь трансформації екосистеми визначався як відсоток насичення матриці атрактивними точками.

Досліджено два основні типи поширення атрактивних зон:

- вертикальне (лінійне) – у межах одного стовпця;
- горизонтальне (радіальне) – із розширенням на сусідні стовпці або рядки.

Для кожного сценарію оцінювали зміну коефіцієнта K_s залежно від рівня насичення системи (1–5%).

Динаміку урбоєкосистеми оцінювали за зміною коефіцієнта контагіозності при поступовому збільшенні частки атрактивних точок.

Виклад основного матеріалу дослідження. *Еволюція урбоєкосистеми промислового типу: особливості просторово-часового розподілу за поступового насичення атрактивними точками*

У сучасних дослідженнях відбувається відхід від розгляду міст як однорідного середовища. Натомість дедалі більше уваги приділяється просторовій неоднорідності урбанізованих ландшафтів і видоспецифічності реакцій інвазійних видів на умови міського середовища.

Результати первинного моделювання

Аналіз первинного моделювання показав, що на значення розподілу мало впливає вертикальне насичення атрактивними точками у межах одного стовпця матриці (рис. 2) – груповим або контагіозним розподіл стає лише за горизонтального або радіального розширення їх зони (рис. 3), тобто контагіозність розподілу матриці залежить від кількості рядків чи стовпців, які містять атрактивні точки.

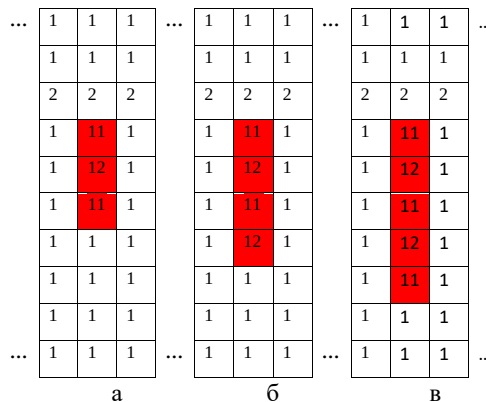


Рис. 2. Просторова конфігурація вертикального поширення точок-атракторів
а – $K_s=0,61$ для 3%, б – $K_s=0,622$ для 4%, в – $K_s=0,543$ для 5% насичення атракторами

Як бачимо, за вертикально-лінійного насичення атракторами у межах одного стовпця екосистема характеризується стабільно рівномірним розподілом навіть за умови охоплення 50% простору стовпця (5% – матриці 10×10). Розширення ж впливу атракторів лише на 1% , але у межах іншого (найближчого) стовпця – горизонтальне або радіальне поширення – дає сплеск і перехід до стану групового розподілу (1,218) лише за 2% загальної кількості інформації системи, що припадає на атрактивні точки, які уособлюють урбоєкосистему.

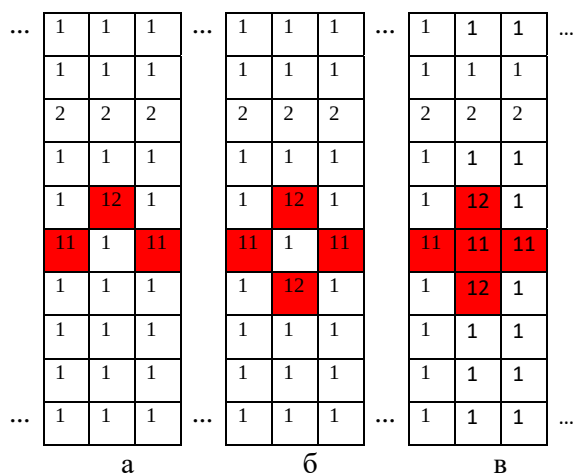


Рис. 3. Просторова конфігурація при радіально-горизонтальному поширенні точок-атракторів

a – $K_s=1,546$ для 3%, *б* – $K_s=1,643$ для 4% ,
в – $K_s=1,608$ для 5% насичення атракторами

Таблиця 1

**Вплив орієнтованого поширення точок-атракторів
на характер їх розподілу за критерієм Сведберга**

Поширення точок-атракторів	Значення коефіцієнта контагіозності за ... % насичення атракторами				
	1	2	3	4	5
Вертикальне	0,51	0,684	0,61	0,622	0,543
Горизонтальне або радіальне	0,51	1,218	1,546	1,643	1,608

Таким чином, визначено, що вертикальне поширення не призводить до суттєвої зміни типу розподілу. Горизонтальне поширення викликає різкий перехід до контагіозного розподілу навіть за низького рівня насичення.

За нашою моделлю промислова урбоєкосистема набуває рівномірного розподілу, охоплюючи 91% усієї початкової екосистеми, розподіл якої відповідає розподілу фоновій матриці. Насичення останньої атрактивними точками досить швидко формує її просторову конфігурацію – контагіозність їх розподілу (з 2% охоплення системи за горизонтального або радіального поширення). Тенденція до зростання значення критерію Сведберга спостерігається до 50-60% ($K_s=3,069-3,034$) рівня насиченості (рис. 4), а надалі поступово знижується, переходячи межу

випадковості розподілу – 1) у інтервалі 90-91% і за 91% вже відповідає ($K_c=0,969$) рівномірному розподілу (рис. 5).

1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	12	11	12	11	12	11	12	11	2
1	11	12	11	12	11	12	11	12	1
1	12	11	12	11	12	11	12	11	1
1	11	12	11	12	11	12	11	12	1
1	12	11	12	11	12	11	12	11	1
1	11	12	11	12	11	12	11	12	1
1	1	1	1	1	1	1	12	11	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Рис. 4. Промислова урбоекосистема з просторовою конфігурацією, що відповідає 50% насичення фонові матриці атрактивними точками (10x10) з контагіозним (3,069) розподілом за критерієм Сведберга

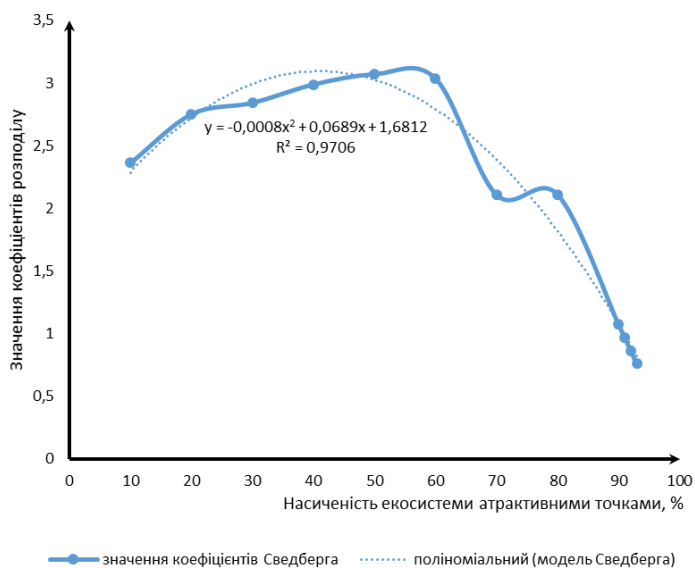


Рис. 5. Графічна модель просторово-часової динаміки характеристик урбоекосистеми промислового типу за критерієм розподілу Сведберга

Модель еволюції антропоічно зміненої екосистеми до стану «промислова урбо-екосистема – агро-, біоценози приміської зони» представлена поліноміальним рівнянням (1) із високим рівнем адекватності ($R^2=0,9706$):

$$y = -0,0008x^2 + 0,0689x + 1,6812, \quad (1)$$

де x – насиченість екосистеми атрактивними точками, %

y – значення коефіцієнта контагіозності за критерієм Сведберга.

За відомою класифікацією В. Клаусніцера [10] види, що перебувають у межах міських екосистем, поділяються на дві екологічні групи: гемерофоби та гемерофіли, поведінка популяцій яких істотно різниться. Так, 9% залишку початкової матриці припадають на периферію системи – вони спрацьовують як атрактор для інвазійних видів-гемерофобів, щодо яких урбоекосистема промислового типу виявилася екологічною пасткою або репелером. Ці види поступово витискаються до приміської зони, яка певною мірою наближена до агро- та біоценозів, де і відбувається їх акліматизація та остаточна інтеграція до екосистем нової території.

Для видів-гемерофілів, які опанували екологічні ніші у промисловій урбоекосистемі за її рівномірного розподілу, утворюються нові атрактивні точки (характеристики, що визначають належність екосистеми до певного типу), навколо яких починається збільшення значень коефіцієнту контагіозності, причому не завжди переходячи до групового розподілу, а часто лише максимально наближаючись до випадкового (явище текстурності розподілу) – завдяки цьому проявляється фрактальна природа просторово-часової динаміки характеристик екосистеми. Маршрутизація ж захоплення промислової урбоекосистеми інвазійними членистоногими перебудується з урахуванням нових атракторів.

Тобто, урбоекосистема (сукупність атрактивних точок на фоновій матриці), за умови рівномірності просторового розподілу для видів-гемерофілів є системою з хаотичною динамікою (нерегулярний атрактор (не плутати з атрактивними точками), що має фрактальну природу), яка чутливо залежна від початкових умов (доступність ресурсів, тиск біологічного фактору регулювання чисельності тощо) і характеризується неможливістю прогнозування розвитку подій («ефект метелика» – незначні зміни спричиняють значні ефекти); для видів-гемерофобів – системою з регулярною динамікою – областю тяжіння, яка не чутлива до початкових умов і характеризується наявністю кола (9%-ва периферія, залишок початкової екосистеми), що є її орбітою, а площа урбоекосистеми, яка виявилася екологічною пасткою для видів-інвайдерів – басейном тяжіння. Звідси виходять умови стабільності атрактивності урбоекосистеми: перший рівень атрактивності – приваблення виду-інвайдера із зовні, за рахунок кліматичних преференцій, наприклад, температурних – як тепловий острів; другий рівень – наявність придатних для опановування екологічних ніш – функція утримання виду-вселенця у урбоекосистемі. Стабільність буде мати місце за наявності обох рівнів. Якщо буде лише перший рівень – урбоекосистема спрацює як екологічна пастка або репелер і, відповідно, популяція інвайдера або загине, або буде витіснена на периферію, до приміської зони.

Модель інфільтрації популяції інвайдера-гемерофоба із зони екологічної пастки

Розглянемо сценарій, коли промислова урбоекосистема виявилася для виду-вселенця екологічною пасткою. Якщо на цьому етапі популяція не зникла і перебуває у стані мінімуму чисельності, то вона поступово буде витискатися до периферійного 9%-го кола тяжіння. За умови руху в останньому по колу всіх точок, що йому належать, утворюється атрактор, який притягує популяцію

з басейну тяжіння (урбоєкосистеми). Формалізація процесу при цьому описується диференційною моделлю, що описує поведінку траєкторії кожної точки множини тяжіння у динамічній системі, залежно від її віддаленості від кола [16]. Але, на наш погляд, елементи агро- та біоценозів не мають детермінованого руху. Переміщення у 9%-ному колі «приміських екосистем» популяцій як нових видів, так і видів-конкурентів чи видів-регуляторів чисельності відбувається у різних напрямках і залежить від локалізації (або її зміни) ресурсів. Тож, формалізація швидкості (V) «витискання» виду за межі промислової урбоєкосистеми буде мати вигляд функції ймовірності залежно від відстані між периферійною зоною та початковим локалітетом адвентивного виду (L), його трофічної спеціалізації (TR) за шкалою: поліфаг – 3 бали, олігофаг – 4, монофаг – 5 балів (рис. 6) та конкуренції за трофічні ресурси з аборигенними видами (PR) від часу (2).

$$V(P) = L (TR*PR) / t, \quad (2)$$

де V – швидкість «витискання» виду за межі промислової урбоєкосистеми;

L – відстань від 9%-вої периферії до початкового локалітету адвентивного виду;

TR – трофічна спеціалізація інвайдера, бали;

PR – придатність трофічного ресурсу з огляду на конкуренцію аборигенних видів;

P – ймовірність;

t – час.

Для нових видів-вселенців $PR \rightarrow 0$, оскільки вони займають переважно вільні або з мінімальною конкуренцією екологічні ніші – це дозволяє популяції вижити на першому етапі інвазійного процесу – колонізації.

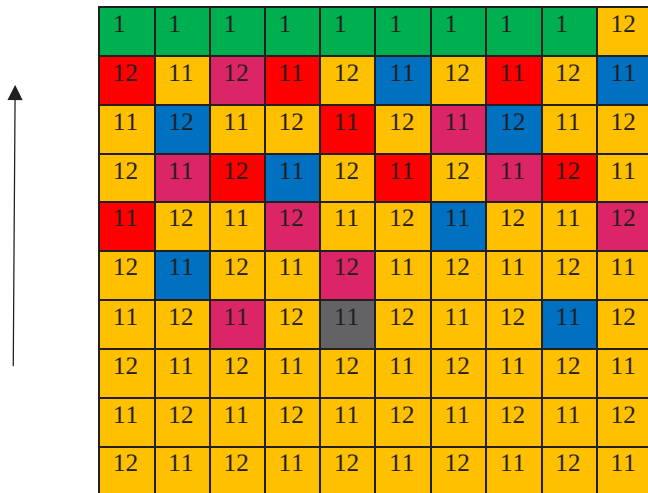


Рис. 6. Просторова модель витискання популяції інвайдера-гемерофоба за межі промислової урбоєкосистеми з урахуванням його трофічної спеціалізації (стрілкою показано напрям руху)

(зелений – 9%-ва периферія – агро-біоценози фонові матриці; помаранчевий – урбоєкосистема за 91% насиченості атрактивними точками; сірий – локалізація виду-інвайдеру, для якого урбоєкосистема виявилася екологічною пасткою; синій, червоний, рожевий – локалітети, придатні для поліфагів (три кольори), олігофагів (два кольори), монофагів (один колір)

У моделі 2 ймовірність є елементом, що потребує особливо детального розгляду. Так, успішність процесу інфільтрації інвазійної популяції у периферійну зону промислової урбоєкосистеми, залежно від його трофічної спеціалізації можна описати дискретними ланцюгами Маркова (марківським процесом називається процес, у якому ймовірність стану системи в певний час у майбутньому залежить лише від її стану у теперішньому часі й не залежить від минулого [7, 9], використовуючи ймовірнісні підходи у фазових переходах динаміки і приймаючи, що зміни стану системи відбуваються у певні моменти часу (такти – часові інтервали між відліками).

При цьому перехід відбувається на кожному такті, що дає змогу визначити послідовність станів, через які проходить процес у своєму розвитку. Такий підхід успішно використовується у захисті рослин, зокрема для прогнозування кратності хімічних обробок з урахуванням фази динаміки чисельності фітофагів [1, 2].

Двотактова інфільтрація (випадкові трофічні ніші). Якщо прийняти як систему станів промислову урбоєкосистему та її периферію із різномірними переходами між станами E для популяції інвазійного виду, то можна побудувати марківські графи переходів. Зауважимо, що передбачається перехід популяції гемерофоба з одного типу екосистеми до іншого, а не її загибель. Сума всіх переходів з кожного стану $E_{1...n}$ до $E_{n+1...n+k}$ має дорівнювати 1. Ймовірність переходу зі стану E_1 (екологічна пастка промислової урбоєкосистеми) у стан E_2 (приміські рекреаційні зони, агро- та біоекосистеми) за умови меншої трофічної спеціалізації (поліфаг) позначається як більша за 0,5.

Чисельність популяції X_1 , що вижила у екологічній пастці мінімальна, ймовірність P_1 того, що вона і надалі буде виживати у ній також, найбільш ймовірним розвитком подій для поліфага є перехід до рекреаційної зони і закріплення у ній, що передбачає збільшення чисельності X_2 (табл. 2).

Таблиця 2

Матриця ймовірностей переходу $E_1 \rightarrow E_2$ за інфільтрації популяції гемерофоба-поліфага із зони екологічної пастки

із у	E_1	E_2
E_1	$X_1^{-1} \rightarrow 0$	$P_{12} > 0,5$
E_2	$P_{21} \rightarrow 0$	$X_2^{-1} \rightarrow 1$

Успішності інфільтрації поліфагів сприяє і незначний тиск конкурентів за трофічні ресурси (для оліго- та монофагів він буде, звісно, більший).

За початкового стану, що збігається з мінімальною чисельністю, акліматизації та інтеграції інвазійної популяції можна досягти за два інтервали часу. При цьому мається на увазі, що перехід відбувається одномоментно і у процесі його реалізації зростання популяції не відбувається.

Цей сценарій ймовірний коли відстань від зони екологічної пастки до периферії урбоєкосистеми незначна, за іншого сценарію – вид на маршруті може зберігатися у випадкових нерегулярних локалітетах (окремі кущі, дерева, квіткові клумби тощо), підтримуючи незначну чисельність, або у регулярних (ботанічні сади, сквери, парки, лісопарки), збільшуючи популяцію. Подібні закономірності простежуються в аналізі первинних реєстрацій немісцевих лісових комах у Європі. Встановлено, що переважна більшість таких випадків припадає на міські та приміські території, тоді як віддалені природні ліси відіграють другорядну роль у початкових етапах інвазій [6]. При цьому міські зелені насадження,

незважаючи на відносно невелику частку деревного покриття, функціонують як основні «точки входу» для інвазій, насамперед для сисних фітофагів, галотворців і видів, що пошкоджують насіння та плоди. Отже, марківський ланцюг за умови $P_{1...n} = X_{1...n}^{-1}$, $X_{1...n} \geq 1$. буде мати вигляд:

$$E_1 \rightarrow E_1 \rightarrow E_2 \rightarrow E_2, \text{ для } P=1. \quad (3)$$

За сценарію успішної інфільтрації олігофага для популяції інвайдерів-гемерофобів, перебування у стані E_1 чи E_2 , так і переходи між ними (табл. 3) майже тотожні таким для поліфагів, за однієї важливої відмінності – ймовірність переходу $E_1 \rightarrow E_2$ зростає і наближена до 0,5. Наголосимо: це правомірне лише для незначних відстаней між екологічною пасткою та периферією екосистеми.

Таблиця 3

Матриця ймовірностей переходу $E_1 \rightarrow E_2$ за інфільтрації популяції гемерофоба-олігофага із зони екологічної пастки

із у	E_1	E_2
E_1	$X_1^{-1} \rightarrow 0$	$P_{12}=0,5$
E_2	$P_{21} \rightarrow 0$	$X_2^{-1} \rightarrow 1$

Сценарій успішної інфільтрації популяції гемерофоба-монофага із зони екологічної пастки промислової урбоекосистеми до її периферійної зони малоімовірний (табл. 4).

Таблиця 4

Матриця ймовірностей переходу $E_1 \rightarrow E_2$ за інфільтрації популяції гемерофоба-монофага із зони екологічної пастки

із у	E_1	E_2
E_1	$X_1^{-1} \rightarrow 0$	$P_{12} \rightarrow 0$
E_2	$P_{21} \rightarrow 0$	$X_2^{-1} \rightarrow 1$

Види з вузькою трофічною спеціалізацією будуть найбільш уразливими на маршруті інфільтрації, причому уразливість буде прямо пропорційною відстані між ними. Цьому додатково будуть сприяти мінімізація чисельності популяції у зоні екологічної пастки і значна конкуренція за трофічні ресурси на етапі просування до периферійної зони.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Встановлено, що урбо-екосистеми промислового типу характеризуються просторовою неоднорідністю, що визначає динаміку популяцій інвазійних членистоногих. Запропонована модель на основі фонові матриці та атрактивних точок дозволяє описати зміну просторового розподілу популяцій у процесі еволюції урбоекосистеми. Встановлено, що зі зростанням насиченості системи атрактивними точками розподіл змінюється від рівномірного до контагіозного з подальшим поверненням до рівномірного. Показано, що горизонтальне та радіальне поширення атракторів формують контагіозність, тоді як вертикальне не має істотного впливу. Урбоекосистема може виступати як екологічна пастка для гемерофобів і як стабілізуюче середовище для гемерофілів. Розроблена модель інфільтрації популяцій та застосування марківських процесів дозволяють прогнозувати сценарії поширення інвазійних видів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Фокін А.В., Доля М.М., Дрозда В.Ф. Прогнозування популяційної динаміки фітофагів в агроекосистемах за допомогою ланцюгів Маркова. *Agrologia*. 2019. Т. 2, № 2. С. 100–105. DOI: <https://doi.org/10.32819/019014>.
2. Фокін А.В., Мороз С.Ю., Адамчук О.С. Теоретичні аспекти конструювання систем захисту рослин від комах-фітофагів. Київ: Видавництво «Фенікс», 2026. 192 с.
3. Aulus-Giacosa L., Ollier S., Bertelsmeier C. Non-native ants are breaking down biogeographic boundaries and homogenizing communities. *Nature Communications*. 2024. Vol. 15. P. 1234. <https://doi.org/10.1038/s41467-024-46359-9>
4. Borden J.B., Flory S.L. Urban evolution of invasive species. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 2021. Vol. 19, № 3. P. 184–191. <https://doi.org/10.1002/fee.2295>
5. Bradshaw C.J.A. et al. Massive yet grossly underestimated global costs of invasive insects. *Nature Communications*. 2016. Vol. 7. Article e12986. <https://doi.org/10.1038/ncomms12986>.
6. Branco M., Nunes P., Roques A., Fernandes M.R., Orazio C., Jactel H. Urban trees facilitate the establishment of non-native forest insects. *NeoBiota*. 2019. Vol. 52. P. 25–46. <https://doi.org/10.3897/neobiota.52.36358>
7. Evans S.N. Probability and real trees. Springer, 2008. 296 p.
8. Gaertner M., Wilson J.R.U., Cadotte M.W. et al. Non-native species in urban environments: patterns, processes, impacts and challenges. *Biological Invasions*. 2017. Vol. 19. P. 3461–3469. <https://doi.org/10.1007/s10530-017-1598-7>
9. Hanski I. *Metapopulation ecology*. Oxford University Press, 1999.
10. Klausnitzer B. *Ökologie der Großstadtfäuna*. Jena: Gustav Fischer Verlag, 1993. 202 p.
11. Kowarik I. Novel urban ecosystems. *Biological Invasions*. 2011. Vol. 13. P. 1–9.
12. Kühn I., Wolf J., Schneider A. Is there an urban effect in alien plant invasions? *Biological Invasions*. 2017. Vol. 19, № 12. P. 3505–3513. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10530-017-1591-1>
13. Roques A., Auger-Rozenberg M.A., Blackburn T.M. et al. Temporal and interspecific variation in rates of spread for insect species invading Europe during the last 200 years. *Biological Invasions*. 2016. Vol. 18. P. 907–920. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10530-016-1080-y>
14. Gómez-Suárez M., Laeseke P., Seebens H. A global dataset of native and alien distributions of alien species. *Scientific Data*. 2025. Vol. 12, № 1. Article 1914. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41597-025-06379-6>
15. Shochat E., Lerman S.B., Anderies J.M., Warren P.S., Faeth S.H., Nilon C.H. Invasion, competition, and biodiversity loss in urban ecosystems. *BioScience*. 2010. Vol. 60, № 3. P. 199–208. <https://doi.org/10.1525/bio.2010.60.3.6>
16. Ueda Y. Strange attractors and the origin of chaos. *Nonlinear Science Today*. 1992. Vol. 2. P. 1–16.
17. Walter J.A., Grage K., Nunez-Mir G.C., Grayson K.L. Forecasting the spread of an invasive forest-defoliating insect. *Diversity and Distributions*. 2024. Vol. 30. Article e13799. <https://doi.org/10.1111/ddi.13799>

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

ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК

Безвіконний П.В.	112	Півторайко В.В.	103
Бетлінська Т.В.	223	Підлужний Е.Г.	57
Бойчук А.О.	145	Пірич А.В.	45
Бондарева Л.М.	391	Поліщук В. В.	14
Бубнікович А.В.	3	Поліщук О.С.	67
Бурдуланюк А.О.	103	Понько Л.П.	296
Валентюк Н.О.	197	Попірний М.А.	82
Винокурова Н.В.	337	Приліпко Т.М.	223
Голобородько К.К.	362	Прокопенко Н.В.	346
Горбенко В.С.	205	Разанова О.П.	240
Готвянська А.С.	145	Разанов С.Ф.	353
Голубенко Т.Л.	240	Рогальський С.В.	20
Деменко В.М.	103	Рожков А.О.	74
Дробіт О.С.	197	Романів Л.І.	324
Дрозда О.В.	190	Семененко С.В.	74
Ємець О.М.	103	Семенцова К.О.	337
Коверя Р.А.	74	Ситник С.А.	362
Коляда В.П.	3	Сичов М.Ю.	229
Кошкін Д.Л.	28	Січкарь А.О.	20
Кравченко В.С.	20	Скоромна О.І.	240
Крижак М.С.	317	Скрильник Є.В.	82
Криlach С.І.	82	Солоха М.О.	337
Кудрик Н.А.	296	Сташук М.О.	369
Кутова А.М.	82	Тарасюк В. А.	112
Куц О.В.	74	Татарінова В.І.	103
Ласло О.О.	166	Тесля Д.М.	353
Лінник І.О.	296	Тибінка А.Р.	375
Ловинська В.М.	362	Тимофійшин І.І.	296
Марініч Л.Г.	166	Тимчук С.С.	120
Минкіна Г.О.	174	Тихун О.О.	112
Міщенко М.Г.	145	Тищенко В.О.	145
Музика Л.І.	324	Тімченко О.І.	383
Оничко В.І.	57	Ткаченко Т.Ю.	255
Осипова Л.С.	3	Ткач О.В.	120
Осіпов М.Ю.	14	Торяник А.Ю.	269
Остапчук В.В.	20	Уманець Д.П.	276
Панкова С.О.	331	Уманець Р.М.	285
Панфілова А.В.	28	Фокін А.В.	391
Пелех Л.В.	190	Халін С.Ф.	3
Пикало С.В.	45	Харусь С.А.	129
Пилипенко В.С.	57	Харченко М.В.	45

Ходаківський І.О.	229	Юркевич Є.О.	197
Ходос Т.А.	137	Юрченко Т.В.	45
Хомовий М.М.	120	Яковчук В.С.	296
Цвігун А.Т.	296	Яковчук Г.О.	296
Циліурик О.І.	145	Яценко В.В.	205
Цицюра Я.Г.	154	Bakumenko O.M.	91
Чепок Р.В.	310	Chepil L.V.	305
Чернобай Л.М.	57	Horiainova V.V.	38
Чернюк С.В.	317	Petrov S.P.	38
Шакалій С.М.	166	Pochukalin A.Ye.	213
Шевченко І.В.	174	Shepel A.V.	181
Шевченко О.Л.	57	Stankevych S.V.	38
Шелест І.Р.	324	Tao Wei	91
Шкатула Ю.М.	190	Vlasenko V.A.	91

ЗМІСТ

ЗЕМЛЕРОБСТВО, РОСЛИННИЦТВО, ОВОЧІВНИЦТВО ТА БАШТАННИЦТВО	3
Осипова Л.С., Коляда В.П., Халін С.Ф., Бубнікович А.В. Порівняння продуктивних особливостей гібридів томатів за вирощування в умовах закритого ґрунту у Київській області	3
Осіпов М.Ю., Поліщук В.В. Модифікація живильного середовища для оптимізації ризогенезу гортензій в культурі <i>in vitro</i>	14
Остапчук В.В., Кравченко В.С., Січкарь А.О., Рогальський С.В. Продуктивність кореневої системи пшениці озимої на тлі внесення добрив при посіві та залежно від попередника	20
Панфілова А.В., Кошкін Д.Л. Методологія вибору глобальних метеорологічних продуктів для агрометеорологічного забезпечення рослинництва	28
Petrov S.P., Horiainova V.V., Stankevych S.V. Prevalence and Harmfulness of Alternaria Leaf Spot and Downy Mildew of Soybean	38
Пикало С.В., Юрченко Т.В., Пірич А.В., Харченко М.В. Скринінг сортів пшениці м'якої озимої на стійкість до абіотичних стресорів на ранніх етапах розвитку	45
Підлужний Е.Г., Оничко В.І., Чернобай Л.М., Пилипенко В.С., Шевченко О.Л. Порівняльна агроекологічна характеристика нових сортів пшениці озимої за продуктивністю та стійкістю до біотичних факторів.....	57
Поліщук О.С. Агрокліматичне обґрунтування та особливості вирощування сої в зоні Західного Полісся	67
Семененко С.В., Куц О.В., Семененко І.І., Рожков А.О., Коверя Р.А. Мікробні препарати в оптимізації живлення моркви.....	74
Скрильник Є.В., Попірний М.А., Криlach С.І., Кутова А.М. Вплив системи удобрення на розподіл колоїдних частинок гумінових кислот органічної речовини дерново-підзолистого ґрунту	82
Tao Wei, Bakumenko O.M., Vlasenko V.A. Crop Cultivation Under Simulated Controlled Conditions: Research Priorities and System Integration Challenges (Analytical Review)	91
Татарінова В.І., Деменко В.М., Ємець О.М., Бурдуланюк А.О., Півторайко В.В. Моніторинг стійкості сортів картоплі до основних патогенів	103
Тихун О.О., Безвіконний П.В., Тарасюк В.А. Агроекологічна оцінка впливу системи обробітку ґрунту та догляду за посівами на забур'яненість посівів сояшнику в умовах Західного Лісостепу України	112
Ткач О.В., Хомовий М.М., Тимчук С.С., Тимчук С.С. Особливості застосування системи no-till в точному землеробстві в умовах Західного Лісостепу	120
Харусь С.А. Посівна якість насіння та морфометричні показники рослин сорго звичайного двокольорового (<i>Sorghum bicolor</i> L.)	129
Ходос Т.А. Екологічні переваги біологічного методу захисту рослин у системі інтегрованого управління шкідниками	137
Циліорик О.І., Готвянська А.С., Тищенко В.О., Бойчук А.О., Міщенко М.Г. Ефективність стимуляторів росту та мікродобрив у посівах зернових культур та сояшнику Північного Степу України	145
Цицюра Я.Г. Роль рістрегуляції у варіантах комбінованих систем удобрення у формуванні товщини стінок стебла гібридів ріпаку озимого	154

Шакалій С.М., Марініч Л.Г., Ласло О.О. Формування господарсько-цінних ознак вівса залежно від впливу сорту та норм висіву	166
Шевченко І.В., Минкіна Г.О. Стан виноградарства України та перспективи його розвитку.....	174
Shepel A.V. Rational Use of Water and Energy Resources by Butternut Squash Crops in the South of Ukraine	181
Шкатула Ю.М., Пелех Л.В., Дрозда О.В. Вплив обробітку ґрунту та бактеризації насіння на врожайність сої	190
Юркевич Є.О., Дробіт О.С., Валентюк Н.О. Дослідження впливу агротехнічних прийомів на формування врожайності гороху на півдні України	197
Яценко В.В., Горбенко В.С. Формування нодуляційного апарату та азотфіксувальної здатності сої за різної інтенсивності обробітку ґрунту	205
ТВАРИННИЦТВО, КОРМОВИРОБНИЦТВО, ЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ПЕРЕРОБКА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ	213
Pochukalin A.Ye. Rassenstruktur der kaninchen in der kontrollierten population in der zeitlichen dynamik.....	213
Приліпко Т.М., Бетлінська Т.В. Показники молочної продуктивності та морфо-біохімічний склад крові корів, за включення до склад комбікорму пробіотичних кормових добавок для профілактики ацидозного стану рубця	223
Сичов М.Ю., Ходаківський І.О. Функціональне живлення телят у молочний період вирощування	229
Скоромна О.І., Голубенко Т.Л., Разанова О.П. Інноваційні підходи до аналізу кормів у виробництві молока.....	240
Ткаченко Т.Ю. Вплив препарату «Арквадес Плюс» на показники якості яєць при інкубації та інтенсивність росту курчат-бройлерів	255
Торяник А.Ю. Аналіз сучасних наукових підходів та практичного досвіду у сфері підвищення продуктивності свиней	269
Уманець Д.П. Ефективність використання пробіотиків у кролівництві	276
Уманець Р.М. Вплив нутрацевтиків на продуктивність і здоров'я кролів	285
Цвігун А.Т., Лінник І.О., Кудрик Н.А., Яковчук В.С., Тимофійшин І.І., Яковчук Г.О., Понько Л.П. Використання лікувально-профілактичного препарату «Пробіол» при вирощуванні помісних ягнят у період підсишу	296
Chepil L.V. Physiological Status and Enzymatic Activity in the Blood of Broiler Chickens Supplemented with Zinc Complex Compounds.....	305
Чепок Р.В. Медогонка хордально-радіального типу: конструктивні та технологічні рішення для сучасних пасік	310
Чернюк С.В., Крижак М.С. Покращення аеробної стабільності кукурудзяного силосу за допомогою <i>Lactobacillus</i>	317
Шелест І.Р., Музика Л.І., Романів Л.І. Оцінювання впливу спадкових чинників на продуктивність корів української чорно-рябої молочної породи в умовах сучасної моделі відтворення	324
МЕЛІОРАЦІЯ І РОДЮЧІСТЬ ҐРУНТІВ	331
Панкова С.О. Вплив полезахисних лісосмуг на збереження родючості ґрунтів ...	331

Солоха М.О., Винокурова Н.В., Семенцова К.О. Оцінювання вплив воєнних дій на стан гранулометричного складу ґрунтів північного Лісостепу Харківської області	337
ЕКОЛОГІЯ, ІХТІОЛОГІЯ ТА АКВАКУЛЬТУРА	346
Прокопенко Н.В. Комплексне дослідження функцій міських парків	346
Разанов С.Ф. – д.с.-г.н., Тесля Д.М. Вміст важких металів і мікроелементів у тканинах свійської птиці за домашнього та промислового вирощування	353
Ситник С.А., Голобородько К.К., Ловинська В.М. Вплив <i>Cameraria ohridella</i> Deschka & Dimić, 1986 на хімічний профіль листків <i>Aesculus flava</i> Aiton та <i>Aesculus pavia</i> L. в урбанізованому середовищі	362
Сташук М.О. Екологічні наслідки ландшафтної фрагментації в зоні меліоративної інфраструктури: просторовий аналіз (на прикладі Рівненської області)	369
Тибінка А.Р. Стан системи антиоксидантного захисту та гематологічні показники однієї коропи (<i>Cyprinus carpio</i> Linnaeus, 1758) за використання мікродоростей у складі корму	375
Тімченко О.І. Морфологічна характеристика гібридів білого та строкатого товстолобів	383
Фокін А.В., Бондарева Л.М. Моделювання поширення популяцій інвазійних членистоногих в урбоекосистемах промислового типу	391

CONTENTS

AGRICULTURE, CROP PRODUCTION, VEGETABLE AND MELON GROWING.....	3
Osypova L.S., Koliada V.P., Khalin S.F., Bubnikovych A.V. Comparison of productive characteristics of tomato hybrids grown in greenhouse soil conditions in the Kyivska region	3
Osipov M.Yu., Polishchuk V.V. Modification of the nutrient medium to optimize rhizogenesis in Hydrangea in vitro	14
Ostapchuk V.V., Kravchenko V.S., Sichkar A.O., Rohalskyi. S.V. The productivity of the winter wheat root system against the background of fertilizer application during sowing and depending on the precursor.	20
Panfilova A.V., Koshkin D.L. Methodology for the Selection of Global Meteorological Products in Agrometeorological Support of Crop Production	28
Petrov S.P., Horiainova V.V., Stankevych S.V. Prevalence and Harmfulness of Alternaria Leaf Spot and Downy Mildew of Soybean	38
Pykalo S.V., Yurchenko T.V., Piryh A.V., Kharchenko M.V. Screening of winter bread wheat cultivars for resistance to abiotic stressors at the early stages of plant development.....	45
Pidluzhny E.G., Onychko V.I., Chernobai L.M., Pylypenko V.S., Shevchenko O.L. Comparative agroecological characterization of new winter wheat varieties by productivity and resistance to biotic factors	57
Polishchuk O.S. Agroclimatic basis and features of soybean growing in the Western Polissia zone.....	67
Semenenko S.V., Kuts O.V., Semenenko I.I., Rozhkov A.O., Koveria R.A. Microbial preparations in the optimization of carrot nutrition	74
Skrylnyk Ie.V., Popirny M.A., Krylach S.I., Kutova A.M. The Influence of Fertilization Systems on the Distribution of Colloidal Particles of Humic Acids in the Organic Matter of Sod-Podzolic Soil.....	82
Tao Wei, Bakumenko O.M., Vlasenko V.A. Crop Cultivation Under Simulated Controlled Conditions: Research Priorities and System Integration Challenges (Analytical Review)	91
Tatarynova V.I., Demenko V.M., Yemets O.M., Burdulaniuk A.O., Pivtorayko V.V. Monitoring the resistance of potato cultivars to major pathogens	103
Tykhun O.O., Bezikonnyi P.V., Tarasiuk V.A. Agroecological assessment of the influence of soil tillage and crop care systems on weed infestation of sunflower crops under the conditions of the western Forest-Steppe of Ukraine	112
Tkach O.V., Khomovyi M.M., Tymchuk S.S., Tymchuk S.S. Characteristics of the Application of the NO-TILL System in Precision Farming in the Western Forest-Steppe Region	120
Kharus S.A. Sowing quality of seeds and morphometric indicators of plants of common bicolor sorghum (<i>Sorghum Bicolor L.</i>)	129
Khodos T.A. Environmental advantages of the biological method of plant protection in the integrated pest management system.....	137
Tsyliuryk O.I., Hotvyans'ka A.S., Tyshchenko V.O., Boychuk A.O., Mishchenko M.H. Effectiveness of growth stimulators and micro-fertilizers in corn and sunflower crop plants of the Northern Steppe of Ukraine	145

Tsytsiura Y.G. The role of growth regulation in combined fertilization systems in forming stem wall thickness of winter rapeseed hybrids.....	154
Shakalii S. M., Marinich L. G., Laslo O.O. Formation of economic-valuable traits of oats depends on the influence of the variety and sowing rate	166
Shevchenko I.V., Mynkina G.O. The state of viticulture in Ukraine and prospects for its development	174
Shepel A.V. Rational Use of Water and Energy Resources by Butternut Squash Crops in the South of Ukraine	181
Shkatula Yu.M., Pelekh L.V., Drozda O.V. The influence of soil cultivation and seed bacterization on soybean yield.....	190
Yurkevych Ye.O., Drobit O.S., Valentiuk N.O. Research on the influence of agrotechnical methods on the formation of pea yield in Southern Ukraine	197
Yatsenko V. V., Horbenko V. S. Formation of the nodulation apparatus and nitrogen-fixing capacity of soybean under different tillage intensities	205
ANIMAL HUSBANDRY, FEED PRODUCTION, STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTS	213
Pochukalin A.Ye. Breed structure of rabbits in the controlled part of the population in temporal dynamics	213
Prylipko T.M., Betlinska T.V. Indicators of milk productivity and the morpho-biochemical composition of the blood of cows, with the inclusion of probiotic feed additives in the compound feed for the prevention of acidosis of the rumen	223
Sychov M.Yu., Khodakivskiy I.O. Functional nutrition of calves during the milk-feeding period.....	229
Skoromna O.I., Golubenko T.L., Razanova O.P. Innovative approaches to feed analysis in milk production.....	240
Tkachenko T.Iu. The effect of the drug "Arkvadez Plus" on egg quality indicators during incubation and the growth intensity of broiler chickens	255
Toriany A.Y. Analysis of modern scientific approaches and practical experience in the field of increasing pig productivity	269
Umanets D. Effectiveness of Probiotic Supplementation in Rabbit Production.....	276
Umanets R. Impact of Nutraceuticals on Rabbit Performance and Health Status.....	285
Tsvihun A.T., Linnyk I.O., Kudryk N.A., Yakovchuk V.S., Tymofiishyn I.I., Yakovchuk G.O., Ponko L.P. Use of the therapeutic and preventive preparation «Probiol» in the rearing of crossbred lambs during the sucking period	296
Chepil L.V. Physiological Status and Enzymatic Activity in the Blood of Broiler Chickens Supplemented with Zinc Complex Compounds.....	305
Chepok R.V. Chordal–radial type honey extractor: constructive and technological solutions for modern apiaries	310
Chernyuk S. V., Kryzhak M. S. Enhancing aerobic stability of corn silage with <i>Lactobacillus</i>	317
Shelest I., Muzyka L., Romaniv L. Evaluation of the influence of hereditary factors on the productivity of Ukrainian Black-and-White dairy cows under the conditions of a modern reproduction model	324

MELIORATION AND SOIL FERTILITY	331
Pankova S.O. Impact of Shelterbelts on Soil Fertility Preservation.....	331
Solokha M.O., Vynokurova N.V., Sementsova K.O. Assessment of the impact of military actions on the state of the granulometric composition of soils in the northern Forest-Step of Kharkiv region	337
ECOLOGY, ICHTHYOLOGY AND AQUACULTURE	346
Prokopenko N.V. Comprehensive development of the function of urban parks	346
Razanov S.F., Teslia D.M. Content of heavy metals and trace elements in the tissues of domestic poultry under backyard and industrial rearing conditions	353
Sytnyk S.A., Holoborodko K.K., Lovynska V.M. Influence of <i>Cameraria ohridella</i> Deschka & Dimić, 1986 on the Chemical Profile of Leaves of <i>Aesculus flava</i> Aiton and <i>Aesculus pavia</i> L. in an Urbanized Environment.....	362
Stashuk M.O. Ecological Consequences of Landscape Fragmentation in Areas Affected by Drainage Infrastructure: A Spatial Analysis of the Rivne Region..	369
Tybinka A.R. Effects of microalgae on antioxidant defense and hematological parameters in one-year-old carp (<i>Cyprinus carpio</i> Linnaeus, 1758)	375
Timchenko O.I. Morphological characteristics of hybrids of white and spotted thick-lip fish	383
Fokin A.V., Bondareva L.M. Modeling the spread of invasive arthropod populations in industrial urban ecosystems	391

Таврійський науковий вісник

Випуск 148

Частина 3

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. Інглєзі, 6/1

Телефони: +38 (095) 934 48 28, +38 (097) 723 06 08

E-mail: mailbox@helvetica.ua

Свідцтво суб'єкта видавничої справи

ДК № 7623 від 22.06.2022 р.