

ISSN 2226-0099

Міністерство освіти і науки України
Херсонський державний аграрно-економічний університет



Таврійський науковий вісник

Сільськогосподарські науки

Випуск 144



Видавничий дім
«Гельветика»
2025

*Рекомендовано до друку вченою радою Херсонського державного аграрно-економічного університету
(Протокол № 1 від 28.08.2025)*

Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки / Херсонський державний аграрно-економічний університет. Одеса : Видавничий дім «Гельветика», 2025. Вип. 144. 380 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 № 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, заслужений працівник науки та техніки України, завідувач кафедри землеробства, Херсонський державний аграрно-економічний університет.

Члени редакційної колегії:

Вожегова Р.А. – доктор сільськогосподарських наук, професор, академік НААН, заслужений діяч науки і техніки України, директор, Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства НААН України;

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

Бех В.В. – доктор сільськогосподарських наук, професор, зав. відділу селекції риб, Інститут рибного господарства НААН України;

Волох А.М. – доктор біологічних наук, професор, професор кафедри геоекології і землеустрою, Таврійський державний агротехнологічний університет;

Данилик І.М. – доктор біологічних наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник, Інститут екології Карпат НАН України;

Србіслав Денчіч – доктор генетичних наук, професор, член-кор. Академії наук і мистецтв та Академії технічних наук Сербії, Сербія;

Дубина Д.В. – доктор біологічних наук, професор, головний науковий співробітник, Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України;

Кутішев П.С. – кандидат біологічних наук, доцент, завідувач кафедри водних біоресурсів та аквакультури, Херсонський державний аграрно-економічний університет;

Мельничук С.Д. – доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри технологій молока та м'яса, Сумський національний аграрний університет;

Осадовський Збигнев – доктор біологічних наук, професор, ректор Поморської Академії, Слупськ, Польща; Пасічник Л.А. – доктор біологічних наук, старший науковий співробітник відділу фітопатогенних бактерій Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України;

Повозніков М.Г. – доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри конярства та бджільництва, Національний університет біоресурсів і природокористування України;

Скляр В.Г. – доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри екології та ботаніки, Сумський національний аграрний університет;

Черненко О.М. – доктор сільськогосподарських наук, професор, професор кафедри годівлі та розведення сільськогосподарських тварин, Дніпровський державний аграрно-економічний університет;

Шевченко П.Г. – кандидат біологічних наук, доцент, старший науковий співробітник, завідувач кафедри гідробіології та іхтіології, Національний університет біоресурсів та природокористування України.

ЗЕМЛЕРОБСТВО, РОСЛИННИЦТВО, ОВОЧІВНИЦТВО ТА БАШТАННИЦТВО

AGRICULTURE, CROP PRODUCTION,
VEGETABLE AND MELON GROWING

УДК 633.356:581.1:631.5(477)

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.144.1>

АДАПТИВНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ГОРОХУ ЗИМУЮЧОГО В КОНТЕКСТІ БІОЛОГІЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ТА ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ

Аверчев О.В. – д.с.-г.н.,

професор кафедри землеробства,

Херсонський державний аграрно-економічний університет

orcid.org/0000-0002-8333-2419

Нікітенко М.П. – д. філос. з агрономії,

старший викладач кафедри землеробства

Херсонський державний аграрно-економічний університет

orcid.org/0000-0001-7453-6682

Литвиненко О.І. – аспірант кафедри землеробства

Херсонський державний аграрно-економічний університет

orcid.org/0009-0007-7368-0659

У статті було розглянуто перспективність зимуючого гороху як адаптивної форми традиційної культури у зв'язку зі зростаючим впливом кліматичних змін на агровиробництво України. Особливу увагу приділено аналізу біологічних особливостей цієї форми гороху, що поєднує риси ярого та озимого типів, а також її потенціалу щодо підвищення ефективності землеробства в умовах посух та нестабільних зим.

У сучасних агрокліматичних умовах України зростає інтерес до удосконалення технологій вирощування альтернативних форм традиційних культур, зокрема гороху. Одним із перспективних напрямів є впровадження зимуючих форм гороху, які здатні розпочинати вегетацію раніше та ефективніше використовувати вологу зимово-весняного періоду. Це відкриває нові можливості для підвищення врожайності, адаптації до змін клімату та оптимізації виробничих процесів у рослинництві.

У статті досліджено порівняльні характеристики ярого, зимуючого та озимого гороху, зокрема їх стійкість до низьких температур, тривалість вегетаційного періоду, морфологічні особливості та господарське значення. Визначено, що зимуюча форма має проміжне положення між ярим і озимим горохом, вирізняється середнім рівнем морозостійкості та вимагає ретельного підбору строків сівби й агротехнічних заходів для успішної перезимівлі.

Особливу увагу приділено агротехнологічним аспектам вирощування зимуючого гороху – передпосівній обробці насіння, застосуванню мікробіологічних та антистресових препаратів, системі живлення й захисту, а також адаптованим методам обробітку

грунту. Проаналізовано значення фосфорно-калійного підживлення восени та зниження потреби в добривах навесні. Також у статті висвітлено важливість вибору ділянки з добрим дренажем та застосування ресурсозберігаючих технологій, що сприяють збереженню ґрунтової вологи.

Визначено економічні та екологічні переваги зимуючого гороху: можливість раннього збору врожаю, зниження потреби в поливі, оптимізація сівозміни, збагачення ґрунту азотом, підвищення ефективності використання ресурсів. Акцент зроблено на його значному потенціалі у біологізації землеробства та сталому розвитку агросистем.

У статті також розмежовано поняття «зимуючий» і «озимий» горох, окреслено їх селекційні та генетичні відмінності. Досліджено напрями селекції зимуючих форм з підвищеною адаптацією до короткого світлового дня, нестабільної температури, вологи та інших абіотичних стресів. Окремо проаналізовано ризики перезимівлі, потребу в агрокліматичному районуванні та важливість використання маркерної селекції.

Горох зимуючий позиціонується як культура з високим адаптивним потенціалом, яка здатна підвищити стабільність та продуктивність агровиробництва в умовах кліматичних викликів. Запропоновано рекомендації щодо вдосконалення агротехнологій вирощування зимуючого гороху на основі поєднання біологічних особливостей, селекційних досягнень і адаптованих підходів до живлення, обробітку ґрунту та агроекологічної оптимізації.

Ключові слова: горох зимуючий, горох ярий, горох озимий, адаптивні технології, агротехнології вирощування.

Averchev O.V., Nikitenko M.P., Lytvynenko O.I. Adaptive potential of winter peas in the context of biological features and cultivation technologies

The article examines the prospects of wintering pea as an adaptive form of a traditional crop in the context of the growing impact of climate change on agricultural production in Ukraine. Particular attention is paid to the analysis of the biological characteristics of this pea type, which combines traits of both spring and winter varieties, as well as its potential to improve farming efficiency under conditions of drought and unstable winters.

In the current agro-climatic conditions of Ukraine, interest is increasing in improving cultivation technologies for alternative forms of traditional crops, particularly peas. One of the promising directions is the introduction of wintering pea forms, which are capable of initiating vegetation earlier and more efficiently utilizing winter-spring moisture. This opens up new opportunities for increasing yields, adapting to climate change, and optimizing crop production processes.

The article explores the comparative characteristics of spring, wintering, and winter peas, including their tolerance to low temperatures, length of the growing season, morphological traits, and economic value. It is determined that the overwintering form occupies an intermediate position between spring and winter peas, has a moderate level of frost resistance, and requires careful selection of sowing dates and agrotechnical measures to ensure successful overwintering.

Special attention is paid to the agrotechnological aspects of wintering pea cultivation—pre-sowing seed treatment, use of microbiological and anti-stress preparations, fertilization and plant protection systems, as well as adapted soil tillage methods. The importance of phosphorus-potassium fertilization in autumn and the reduced need for fertilizers in spring is analyzed. The article also highlights the importance of choosing well-drained fields and applying resource-saving technologies that help conserve soil moisture.

The economic and environmental advantages of wintering pea are identified: the possibility of early harvest, reduced irrigation needs, optimized crop rotation, nitrogen enrichment of the soil, and increased efficiency in resource use. Emphasis is placed on its significant potential in promoting the biologization of agriculture and sustainable development of agroecosystems.

The article also distinguishes between the concepts of “wintering” and “winter” peas and outlines their breeding and genetic differences. It investigates breeding directions for overwintering forms with enhanced adaptation to short photoperiods, unstable temperatures, moisture, and other abiotic stresses. Particular attention is paid to overwintering risks, the need for agro-climatic zoning, and the importance of using marker-assisted selection.

Wintering pea is positioned as a crop with high adaptive potential, capable of enhancing the stability and productivity of agricultural production under climate challenges. Recommendations are proposed for improving cultivation technologies of wintering peas based on the integration of biological characteristics, breeding advancements, and tailored approaches to fertilization, soil management, and agroecological optimization.

Key words: wintering peas, spring peas, winter peas, adaptive technologies, agricultural cultivation technologies.

У сучасних агрокліматичних умовах України зростає інтерес до удосконалення технологій вирощування альтернативних форм традиційних культур, зокрема гороху. Одним із перспективних напрямів є впровадження зимуючих форм гороху, які здатні розпочинати вегетацію раніше та ефективніше використовувати вологу зимово-весняного періоду. Це відкриває нові можливості для підвищення врожайності, адаптації до змін клімату та оптимізації виробничих процесів у рослинництві.

Актуальність дослідження. Кліматичні зміни в Україні, зокрема скорочення тривалості зими, нестабільність снігового покриву та часті весняні посухи, вимагають переорієнтації технологій вирощування сільськогосподарських культур. У цьому контексті зимуючий горох демонструє високу адаптивність: його вегетація розпочинається раніше, ніж у ярого, а розвиток відбувається до настання критичних температурних стресів. Це дозволяє зменшити ризики втрати врожаю та забезпечити стабільне виробництво у зонах ризикованого землеробства.

З економічної точки зору, вирощування зимуючого гороху сприяє більш раціональному використанню ресурсів. Він забезпечує ранній урожай, знижує потребу в зрошенні та дозволяє встигнути із сівбою наступних культур у сівозміні. Крім того, як і інші бобові, горох збагачує ґрунт азотом, що сприяє зниженню витрат на мінеральні добрива в подальших посівах [3].

Горох не є новою культурою для українських аграріїв – він традиційно використовується у харчовій, комбікормовій та насінницькій сферах. Проте впровадження нових типів, зокрема зимуючого, потребує наукового обґрунтування, адаптованих технологічних рішень та вивчення особливостей агрофізіології цієї форми.

З огляду на це, доцільно проаналізувати існуючі підходи до вирощування різних типів гороху – ярого, зимуючого та озимого – з метою виявлення їх сильних сторін, потенційних ризиків і технологічних відмінностей.

Кожен із типів гороху характеризується унікальним комплексом біологічних і агрономічних властивостей, що зумовлює різні вимоги до строків сівби, технологій обробітку ґрунту, системи живлення та захисту. У таблиці нижче узагальнено ключові характеристики ярого, зимуючого та озимого гороху, які дозволяють зіставити їх потенціал з урахуванням морозостійкості, тривалості вегетації та господарського призначення.

Таблиця 1

Тип гороху	Період сівби	Морозостійкість	Стадія розвитку перед зимівлею	Особливості
Ярий	Рання весна	Низька	Не зимує	Класична форма гороху, що домінує в агровиробництві
Зимуючий	Пізня осінь	Помірна (до $-8 \dots -10$ °C)	Паросток – 2–4 листки	Веgetацію відновлює навесні, не витримує сильних морозів
Озимий	Рання осінь	Висока (до -18 °C)	Розвинута розетка, глибоке укорінення	Спеціально виведені сорти з генетично закладеною зимостійкістю

Ярий горох є найбільш розповсюдженою формою культури в українському агровиробництві. Завдяки відносній технологічній простоті та сталому попиту, його продовжують широко використовувати як на зерно, так і в кормових системах.

Сівба ярого гороху здійснюється рано навесні, однак через чутливість до високих температур він часто потерпає в період наливу зерна [2].

Зимуючий горох виступає проміжною формою між ярим та озимим, поєднуючи в собі ознаки обох. Він висівається восени, проте не має повної морозостійкості озимого гороху. Його розвиток до зими обмежується утворенням 2–4 справжніх листків, після чого культура входить у зимовий спокій. Навесні, у разі успішної перезимівлі, рослини швидко відновлюють вегетацію, що дозволяє уникнути посушливих періодів. Основні ризики пов'язані з недостатнім сніговим покривом і сильними морозами [1].

Озимий горох, на відміну від попередніх форм, характеризується генетично обумовленою зимостійкістю та здатністю проходити яровизацію. Завдяки ранньому осінньому посіву та активному розвитку восени (формування розетки, укорінення), він витримує суттєві морози та швидко відновлює ріст після зими. Це дозволяє значно раніше формувати урожай і забезпечує його стабільність в умовах кліматичних стресів, особливо в посушливих регіонах.

Продовжуючи аналіз, важливо чітко розмежовувати поняття *зимуючого* та *озимого гороху*, оскільки їх агрономічна природа, технологічні вимоги та виробнича доцільність суттєво відрізняються. Незважаючи на схожість у строках сівби, ці дві форми гороху не є взаємозамінними в агровиробництві.

Насамперед, відмінності проявляються на рівні агротехніки. Озимий горох потребує ранньої сівби (найчастіше у вересні) з дотриманням певної глибини загортання насіння та структурованого підходу до живлення, зокрема фосфорно-калійного забезпечення до фази укорінення. Зимуючий, натомість, сіють пізніше – у жовтні-листопаді, коли важливо не допустити переростання до зими. Відповідно змінюються строки внесення добрив, особливо мікроелементів та антистресантів, а також система захисту від хвороб у ранньоосінній період.

На генетичному рівні різниця ще глибша. Озимі сорти селекційно виведені з урахуванням генетичних маркерів зимостійкості, що включають низькотемпературну адаптацію, механізми антифризного захисту клітин та регуляцію вмісту цукрів у тканинах. Зимуючі форми, зазвичай, мають обмежену або часткову адаптацію до холоду, з менш вираженими фізіолого-біохімічними захисними реакціями.

Ці відмінності безпосередньо пов'язані з ризиками вирощування. У разі суворі, малосніжної зими зимуючий горох часто повністю випадає з посівів, тоді як озимий має значно вищі шанси на успішну перезимівлю завдяки глибокому укоріненню та стійкості до зневоднення. Це особливо критично для зон із нестабільним сніговим покривом.

Також розрізняється ціль вирощування. Озимий горох здебільшого використовується як високобілкова зернова культура, що дозволяє отримати стабільний урожай раніше за ярий. Натомість зимуючий частіше застосовують у ролі зеленої маси – для корму, як компонент у сидеральних сумішах або для раннього прибирання поля перед основною культурою [4].

Таким чином, агрономічне і наукове обґрунтування відмінностей між цими двома формами гороху є принциповим для правильного планування сівозміни, уникнення технологічних помилок і мінімізації втрат урожаю. Надалі важливо враховувати ці аспекти при оцінці ефективності різних технологій вирощування в умовах сучасного кліматичного тиску.

У контексті адаптації технологій вирощування гороху до сучасних кліматичних викликів, особливу увагу привертає напрям селекції зимуючих форм, які поєднують окремі переваги ярого та озимого гороху. Зимуючий горох – це перехідний тип, який демонструє здатність до відновлення вегетації навесні після осіннього

посіву, проте не має повноцінної морозостійкості, характерної для справжніх озимих сортів.

Селекційні програми зосереджуються на доборі генотипів, адаптованих до пізньоосінньої сівби, з достатньо коротким періодом яровизації, який дозволяє культурі швидко пройти необхідні фази розвитку вже навесні. Такі форми повинні бути здатні до формування міцної кореневої системи та 2–4 справжніх листків до настання холодів, що є критичним для успішної перезимівлі. У межах цих досліджень все активніше застосовуються молекулярно-генетичні та маркерні технології, що дозволяють пришвидшити процес ідентифікації ознак стійкості до короткого світлового дня, коливань температур і осінньої вологи.

Однією з ключових селекційних задач є збалансування між вегетативною активністю до зими і зимостійкістю. Надмірно активне наростання листової маси восени може призвести до випирання та загибелі рослин під час відлиг, тоді як надто повільний розвиток знижує здатність пережити морози. Пошук цього оптимального балансу є критичним у селекції зимуючих форм, особливо для регіонів з нестабільною зимовою температурою та нерівномірним сніговим покривом.

Попри те, що зимуючий горох менш чутливий до випирання і льодових кірок, ніж озимий, він залишається більш вразливим до сильних морозів без снігу. Саме тому селекційна робота повинна бути тісно пов'язана з агрокліматичним районуванням і враховувати не лише біологічний потенціал рослини, але й ймовірні погодні ризики конкретної зони вирощування. Надалі ці результати створюють базу для удосконалення адаптивних агротехнологій під зимуючі форми, про що йтиметься в наступних розділах.

Однією з вагомих переваг зимуючого гороху є його здатність розпочинати вегетацію раніше, ніж ярий горох, проте пізніше, ніж озимий. Такий проміжний старт розвитку дозволяє рослинам більш ефективно використовувати сприятливі умови ранньої весни, уникаючи при цьому надмірного ризику вимерзання, що характерний для менш адаптованих ярих форм. Особливо важливо, що при дотриманні оптимальних строків осінньої сівби зимуючий горох формує достатню листову масу та кореневу систему, необхідні для успішної перезимівлі, що забезпечує ранній початок росту вегетативних органів після сходу снігу.

У сучасних кліматичних умовах України, зокрема в регіонах, які відчувають зростаючий дефіцит вологи навесні, зимуючий горох має значний потенціал для уникнення критичних весняних посух. Завдяки осінньому посіву рослини встигають сформувати кореневу систему, яка глибше проникає у ґрунт і здатна ефективніше використовувати зимово-весняні запаси ґрунтової вологи. Це дає змогу зимуючому гороху краще реалізовувати продуктивний потенціал навіть у роки з недостатнім весняним зволоженням, порівняно з ярою формою, котра починає розвиток пізніше і тому більш залежна від весняних опадів.

Крім того, зимуючий горох сприяє більш раціональному розподілу навантаження на ґрунтові ресурси у сівозмінах. Його осінній посів і раннє відновлення росту навесні дозволяють оптимізувати використання поживних речовин і зменшити конкурентний тиск між культурами в період весняного дефіциту вологи. Такий підхід позитивно впливає на загальну стабільність агроєкосистем та підвищує їх резистентність до кліматичних коливань.

Для підвищення ефективності вирощування зимуючого гороху особливого значення набуває якісна передпосівна обробка насіння, що включає застосування мікробіологічних препаратів та стимуляторів росту. Використання холодостійких штамів ризобій дозволяє покращити азотфіксацію у кореневій системі рослин, що особливо важливо в умовах короткого осіннього вегетаційного періоду. Адаптація мікроорганізмів до низьких температур сприяє швидшому встановленню

симбіотичних зв'язків і зміцненню здоров'я рослин ще до настання зимових холодів.

Крім того, значну увагу в дослідженнях приділяють застосуванню антистресових препаратів, які поліпшують стійкість рослин до впливу холодових та морозних факторів, знижують ризики випирання і пошкоджень тканин. Ці препарати часто містять амінокислоти, екстракти морських водоростей, вітаміни та інші біологічно активні речовини, що сприяють підвищенню внутрішньоклітинного захисту та стабілізації метаболічних процесів.

Нижче наведена таблиця 2 з прикладами мікробіологічних та антистресових препаратів, які широко застосовуються у практиці передпосівної обробки зимуючого гороху.

Таблиця 2

Назва препарату	Основні діючі речовини / мікроорганізми	Функції та очікуваний ефект
Мікробіологічні препарати		
Ризоторфін	Холодостійкі штами ризобій	Активізація азотфіксації, покращення росту коренів
Біофунгіцид Мікостоп	Сапрофітні бактерії та гриби	Захист від ґрунтових патогенів, стимуляція розвитку
Антистресовий препарат		
Фітоспорин-М	Біопрепарат із біологічно активними речовинами	Підвищення імунітету, стимуляція росту
Циркон	Гетероауксини, фітогормони	Покращення стійкості до стресів, регуляція росту
Енергія росту	Амінокислоти, вітаміни	Підвищення холодостійкості, поліпшення метаболізму

Комплексне застосування таких препаратів забезпечує не лише покращення початкового розвитку рослин, а й підвищує їх здатність переживати несприятливі умови зимового періоду. Надалі важливо інтегрувати ці заходи у загальну систему живлення і захисту, що дозволить максимально розкрити потенціал зимуючого гороху в агроценозах.

Ще одним ключовим аспектом технології вирощування зимуючого гороху є оптимізація системи живлення та внесення добрив. Подібно до озимого гороху, зимуючі форми потребують ретельного осіннього підживлення фосфорно-калійними добривами, які сприяють розвитку міцної кореневої системи та формуванню запасів поживних речовин перед входом у зимовий період. Це особливо важливо для забезпечення стійкості рослин до холодів і ефективного відновлення вегетації навесні [5, 6].

Водночас, зимуючий горох характеризується меншими потребами у внесенні добрив ранньою весною, порівняно з ярою формою. Це пов'язано з тим, що рослини вже мають сформовану стартову біомасу і коріння з осені, що дозволяє їм краще засвоювати поживні речовини із ґрунту в перші фази розвитку. Така особливість живлення допомагає знизити витрати на мінеральні добрива та підвищує екологічну безпеку виробництва.

Щодо внеску зимуючого гороху у біологізацію сільського господарства, ця форма культури має суттєві переваги. Його можна ефективно використовувати у міжрядних посівах з іншими культурами, що сприяє підвищенню продуктивності землекористування і збільшенню біорізноманіття агроценозів. Окрім того, зимуючий горох є цінною проміжною сидераційною культурою, здатною збагачувати ґрунт азотом завдяки азотфіксувальній здатності бактерій ризобій [7, 8].

Використання зимуючого гороху як зеленого конвеєра в сівозмінах допомагає підтримувати родючість ґрунту, знижувати ерозійні процеси і створювати сприятливі умови для наступних культур, особливо ярових. Таким чином, ця культура не лише забезпечує додатковий економічний ефект, але й сприяє сталому розвитку агросистем у різних кліматичних зонах України.

Правильна організація обробітку ґрунту є фундаментальною умовою для забезпечення безпечної перезимівлі зимуючого гороху. Для цього потрібен структурований, добре дренований ґрунт, який запобігає застою вологи і розвитку коренових захворювань у холодний період. Застосування ресурсозберігаючих технологій, таких як no-till або strip-till, не лише сприяє збереженню ґрунтової вологи та зменшенню ерозії, але й підтримує оптимальні умови для формування міцної кореневої системи, що є ключовим фактором для високої зимостійкості рослин [9, 10].

Саме завдяки таким підходам у поєднанні з біологічними особливостями зимуючого гороху, культура демонструє підвищену агрономічну ефективність. У роки з м'якою зимою врожайність зимуючого гороху може перевищувати ярий на 15–20%, що пов'язано з більш раннім весняним стартом і кращим використанням зимово-весняних запасів вологи та поживних речовин. Крім того, цей тип гороху показує кращу толерантність до весняних перегрівів, що дозволяє стабілізувати продуктивність навіть за несприятливих кліматичних умов. Таким чином, інтеграція сучасних технологій обробітку ґрунту з особливостями біології зимуючого гороху створює умови для стабільного і високоефективного виробництва.

Для більш чіткого розуміння особливостей зимуючого гороху у порівнянні з ярою формою доцільно виділити ключові відмінності між цими двома типами культури. Такий порівняльний аналіз допомагає не лише визначити специфіку агротехнічних заходів, але й оцінити потенційні переваги та обмеження кожного з видів у контексті їх адаптації до кліматичних умов і виробничих завдань.

У наведеній таблиці узагальнені основні показники, що характеризують відмінності зимуючого та ярого гороху за параметрами початку вегетації, строків сівби, стійкості до морозів і посушливих періодів, а також їх агрономічного потенціалу і ролі у біологізації землеробства.

Таблиця 3

Показник	Зимуючий горох	Ярий горох
Початок вегетації	раніше	пізніше
Посів	пізня осінь / рання зима	весна
Стійкість до морозу	обмежена (до $-10...-12\text{ }^{\circ}\text{C}$)	не актуальна
Толерантність до весняної спеки	середня–висока	нижча
Урожайність (за сприятливих умов)	вища на 10–20%	стабільна
Ризик вимерзання	помірний	відсутній
Конкурентоздатність до бур'янів	середня	нижча
Потреба в адаптивній агротехніці	висока	помірна
Тривалість вегетації	довша (з урахуванням осінньої фази)	коротша
Потенціал у біологізації	високий	помірний

Ця таблиця демонструє, що зимуючий горох характеризується більш складними вимогами до агротехніки через потребу у забезпеченні безпеки перезимівлі

та адаптації до весняних умов. Водночас, він має переваги у вигляді більш раннього початку росту, кращої продуктивності та більшої ролі в екологічно орієнтованих сівозмінах. На противагу цьому, ярий горох є більш простим у вирощуванні, але менш здатним адаптуватися до стресових факторів весни та зимового періоду, що обмежує його потенціал у певних агрокліматичних зонах. Такий баланс особливостей і вимог визначає доцільність вибору конкретного типу гороху для різних виробничих ситуацій.

Підсумовуючи викладене, зимуючий горох є перспективною та важливою культурою для регіонів із м'якими зимами та раннім весняним відновленням вегетації. Він успішно поєднує простоту вирощування, притаманну ярим формам, із перевагами озимого гороху – раннім стартом росту та підвищеною толерантністю до весняних абіотичних стресів. Водночас ця культура потребує комплексного підходу, що включає селекцію зимостійких та пластичних сортів, оптимізацію строків і методів сівби, застосування спеціалізованих мікробіологічних та антистресових препаратів, а також адаптовану систему живлення й дбайливий обробіток ґрунту. Такий підхід забезпечує стабільність врожайності, ефективне використання природних ресурсів і сприяє біологізації агровиробництва, що особливо актуально в умовах сучасних кліматичних змін і зростаючих вимог до сталого землеробства. Таким чином, зимуючий горох має значний потенціал для розширення своєї ролі в агропромисловому комплексі України, забезпечуючи економічну вигоду та екологічну стабільність.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Руденко А. В., Шепель А. В. Зимуючий горох – добра альтернатива традиційному в умовах зміни клімату на півдні України. Наука, освіта та технології: актуальні проблеми теорії та практики. Зб. тез доп. міжнар. наук.-практ. конф. Дрогобич, 19 трав. 2023 р.: у 2 ч. Дрогобич: ЦФЕНД, 2023. Ч. 2. С. 39–41.
2. Ревтьо О. Я., Малярчук А. С. Особливості вирощування гороху посівного зернового типу за умов зміни клімату. Таврійський науковий вісник. 2025. Вип. 141. Ч. 2. С. 44–50. URL: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.141.2.7>.
3. Коломієць М., Аверчев О. Економічна та агрономічна цінність гороху в сучасному сільському господарстві. Сучасна наука: стан та перспективи розвитку. Зб. наук. праць III Всеукр. наук.-практ. конф. з нагоди Дня працівника сільського господарства в Україні. Херсон, 13–15 листоп. 2024 р.. Херсон: ХДАЕУ, 2024. С. 32–34.
4. Литвиненко О. І., Шепель А. В. Горох зимуючий – нова форма гороху для півдня України. Integration of Education, Science and Business in Modern Environment. Winter Debates. Proc. of the 5th Int. Sci. and Pract. Internet Conf. Dnipro, 8–9 Feb. 2024. Dnipro: FOP Marenichenko V.V., 2024. С. 118–119.
5. Марковська О. Є., Дудченко В. В., Кривуцький Р. М. Продуктивність сортів гороху за використання біоінокулянтів та біопестицидів. Захист і карантин рослин у XXI столітті: проблеми і перспективи. Матер. III Міжнар. наук.-практ. конф. Харків, 17–18 жовт. 2024 р.. Житомир: Рута, 2024. С. 223–226.
6. Гамаюнова В. В., Єрмолаєв В. М., Воронкова Г. М., Бакланова Т. В., Сидякіна О. В. Бобові рослини в екологічному землеробстві. Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти. Зб. матеріалів V Міжнар. наук.-практ. конф. Київ, 15 листоп. 2022 р. Київ: НМЦ ВФПО, 2022. С. 77–79.
7. Аверчев О. В., Ковшакова Т. С. Адаптація сортів зимуючого та ярого гороху на Півдні України при біологічному землеробстві в умовах мінливості клімату. Вплив кліматичних змін на просторовий розвиток територій Землі. Наслідки

та шляхи вирішення. Матер. IV Міжнар. наук.-практ. конф. Херсон, 10–11 черв. 2021 р. Херсон: ХДАЕУ, 2021. С. 113–116.

8. Ушкаренко В. О., Шепель А. В., Руденко А. В. Перспективи розширення посівних площ озимого або зимуючого гороху на півдні України. Сучасний рух науки. X Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. Дніпро, 2–3 квіт. 2020 р. Дніпро, 2020. С. 536–540.

9. Almashova V., Kerimov A. Energy evaluation of technologies for growing vegetable peas in the conditions of southern Ukraine. *Bioloji müxtəlifliyin qorunması və ekoloji cəhətdən dayanıqlı sosial-iqtisadi inkişafa doğru. Materialları beynəlxalq elmi konfransın. Lənkəran, 22 Dec. 2023. Lənkəran, 2023. P. 81–82.*

10. Ковшакова Т. С., Аверчев О. В., Онищенко С. О. Розробка адаптивних технологій вирощування гороху в умовах півдня України з метою покращення якості харчової сировини. Сучасні підходи до післязбиральних технологій та маркетингу плодовоовочевої продукції. Матер. Міжнар. студ. наук.-практ. конф. Мелітополь, 28–29 трав. 2019 р. Мелітополь: Lux, 2019. С. 112–115.

УДК 631.581.5:631524.84:633.34

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.144.2>

ВПЛИВ БІОЛОГІЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ СОРТІВ НА СТЕБЛОУТВОРЕННЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ В УМОВАХ ПІВНІЧНО-СХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Бердін С.І. – к.с.-г.н.,

доцент кафедри селекції і насінництва,

Сумський національний аграрний університет

orcid.org/0000-0002-2337-4107**Сахошко М.М.** – к.с.-г.н.,

директор,

Сумський обласний державний експертний центр сортів рослин

orcid.org/0000-0001-8396-5737**Крилов Д.О.** – аспірант кафедри агротехнологій та ґрунтознавства,

Сумський національний аграрний університет

orcid.org/0009-0001-2012-4823

Мета досліджень: встановлення закономірностей формування продуктивного стеблостою різними сортами пшениці озимої в умовах північно-східного Лісостепу України. В дослідженнях використовували сорти пшениці озимої Довіра одеська, Спадщина одеська, МПП Вишиванка, Краса ланів, МПП Фортуна, Водограй. Об'єктом дослідження були закономірності формування посівів озимої пшениці. Матеріалом дослідження була пшениця озима, вирощена за інтенсивною технологією. Найбільша польова схожість (73,9%) в досліді в середньому за роки досліджень була відзначена у сорту Краса ланів. Найменша у сорту Спадщина одеська – 70,2%. Сорти Довіра одеська, МПП Вишиванка, МПП Фортуна та Водограй, мали показники 72,2, 72,0, 70,7 і 71,0% відповідно. Найбільший середній за роки досліджень показник густоти входу в зиму спостерігався в посівах сорту Краса ланів – 4,06 млн. шт./га. інші сорти сформували щільність посівів на рівні 3,86–3,97 млн. рослин на гектарі. Встановлено, що за роки досліджень рослини всіх сортів входили в зиму добре розкущеними, облиствленими та вкоріненими. Найбільша виживаність за зимовий період була відзначена у сорт МПП Вишиванка – 94,7%, мінімальне значення по досліді було у сорту Краса ланів – 90,2%. Загальна кількість рослин за період вегетації з часу виходу з зими в середньому за роки досліджень зменшувалась до 364–386 шт./м². Однак, завдяки добрим показникам кущення кількість продуктивних стебел майже всіх сортів на час збирання була на рівні оптимальних показників (561–753 шт./м²). На підставі проведених досліджень встановлена сортова реакція формування продуктивного стеблостою пшениці озимої на умови вирощування. Роки досліджень в цілому були сприятливим для розвитку рослин пшениці озимої всіх сортів при умові висіву в оптимальні для зони строки. Умови для кущення були сприятливими, як в осінній, так весняний періоди. Біологічна реакція вплинула на різницю у кількість продуктивного стеблостою на період збирання в розрізі сортів. Показників оптимальної густоти продуктивних стебел досягли всі сорти за виключенням сорту Спадщина одеська (561 шт./м²). Найбільша щільність продуктивного стеблостою була сформована в посівах сорту МПП Вишиванка – 753,2 шт./м².

Ключові слова: продуктивність; польова схожість; урожайність; адаптивність; сортова агротехніка.

Berdin S.I., Sakhoshko M.M., Krylov D.O. The formation of a productive stalk of winter wheat depending on varietal characteristics

Purpose: establishing the main priorities in the selection of varietal composition of winter wheat. The main priorities for the selection of wheat varieties are high potential productivity in combination with crop quality and resistance to biotic and abiotic stresses at the level of genotype, agroecosystem and agrolandscape, as well as against the background of global climate changes. The winter wheat varieties Dovira Odeska, Spadshchyna Odeska, MIP Vyshivanka, Krasa Laniv, MIP Fortuna, and Vodogray were used in the research. The object of the study was the patterns

of formation of winter wheat crops. The material of the study was winter wheat grown using intensive technology. The highest field germination (73.9%) in the experiment on average over the years of research was noted in the Krasa Laniv variety. The lowest in the Spadshchina Odesa variety – 70.2%. The varieties Dovira Odesa, MIP Vyshyvanka, MIP Fortuna and Vodograi had indicators of 72.2, 72.0, 70.7 and 71.0% respectively. The highest average over the years of research indicator of the density of entry into winter was observed in the crops of the Krasa Laniv variety – 4.06 million pcs./ha. Other varieties formed a density of crops at the level of 3.86–3.97 million plants per hectare. It was established that over the years of research plants of all varieties entered winter well-branched, leafy and rooted. The highest survival rate during the winter period was noted in the MIP Vyshyvanka variety – 94.7%, the minimum value in the experiment was in the Krasa Laniv variety – 90.2%. The total number of plants during the vegetation period from the time of emergence from winter on average over the years of research decreased to 364–386 pcs./m². However, due to good tillering indicators, the number of productive stems of almost all varieties at the time of harvesting was at the level of optimal indicators (561–753 pcs./m²).

Based on the conducted research, the varietal response of the formation of productive stalks of winter wheat to growing conditions was established. The research years were generally favorable for the development of winter wheat plants of all varieties, provided that they were sown at the optimal time for the zone. The conditions for tillering were favorable, both in the autumn and spring periods. The biological response affected the difference in the amount of productive stalks for the harvesting period in terms of varieties. All varieties reached the optimal density of productive stalks, except for the Spadshchina Odesa variety (561 pcs./m²). The highest density of productive stalks was formed in crops of the MIP Vyshyvanka variety – 753.2 pcs./m².

Key words: productivity; field similarity; crop capacity; adaptability; varietal agricultural machinery.

Постановка проблеми. Сучасне сільськогосподарське виробництво висуває певні вимоги до сільськогосподарських культур, такі, як стабільно високі врожаї та якість продукції, а також пристосованість до вирощування в конкретних регіонах. Багато авторів, спираючись на міжнародний досвід, стверджують, що стабільне підвищення врожайності сільськогосподарських культур ґрунтується на поліпшенні сортів та впровадженні сортових технологій вирощування [1, 3, 4].

Розширення генетичного різноманіття та використання біологічної специфіки сортів у виробництві збігається з глобальними еволюційними процесами в природі та еволюцією в селекції. Наприклад, необхідною умовою еволюції в природі є постійне відтворення форм і видів організмів та їх природний відбір. Селекція багаторазово прискорює еволюцію, але це вимагає відтворення генетичного різноманіття різними методами та штучного відбору [2, 5]. Сучасна сортова політика передбачає впровадження сортів з різною продуктивністю, адаптивністю, стійкістю до хвороб та якістю зерна. Використання таких сортів сприятиме покращенню економічних та екологічних показників аграрного сектору та сталому зростанню загальних врожаїв зерна [4, 5, 6].

Урожайність пшениці озимої є одним із найважливіших показників, що визначають реакцію сорту на стрес, і результативним показником функціонування всіх систем рослини. Високопродуктивні сорти мають протистояти несприятливим умовам середовища і максимально використовувати його сприятливі фактори.

Підвищені вимоги до нових сортів щодо їхньої стійкості до стресових факторів визначають адаптивну та екологічну спрямованість селекції. Селекційна робота ведеться в напрямку посилення адаптації рослин і стабілізації врожаїв у нестійких за кліматом регіонах [4].

Тому дослідження реакції нових сортів на умови вирощування з метою оптимізації сортового складу пшениці озимої на основі розуміння формування їх врожайності є актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Швидке зростання врожайності пшениці означає, що селекціонерам потрібно удосконалювати та оптимізувати

сортовий потенціал. Однак, як відомо, пшениця є однією з найскладніших культур для селекції, оскільки необхідно контролювати понад 50 економічно цінних ознак. З 25 господарських ознак, які необхідно контролювати селекціонерам, багато з них негативно корелюють з урожайністю та якістю зерна, основними господарськими ознаками [5, 7, 8].

Для підвищення врожайності у виробництві необхідно мати постійно оновлювану селекційну популяцію, яка підтримує велику різноманітність з погляду генетичного різноманіття, особливо з точки зору адаптивності. Другою вимогою для підвищення врожайності у виробництві є планування селекції та сортової структури відповідно до широкого спектра екологічних умов вирощування озимої пшениці; великого різноманіття агрофонів (добрив, гербіцидів, фунгіцидів), різних сільськогосподарських матеріалів та технічного обладнання, різних збудників хвороб, за термінами дозрівання через велику посівну площу та тривалий період збирання врожаю потреба в різноманітності сортів; лімітуючі фактори навколишнього середовища змінюються майже щорічно; необхідність бути гнучкими до постійно мінливих вимог ринку [4, 8].

Наукове використання сортів у виробництві, удосконалення технологій неможливі без ретельного вивчення біологічних особливостей сорту, розробки його агроекологічного паспорта. Для виконання цих завдань необхідно проведення спеціальних експериментів з сортової агротехніки вирощування.

Розробка агроекологічних паспортів сортів на основі всебічного вивчення співвідношення видів генотипів обумовлена тим, що цей ефект зазвичай в кілька разів перевищує генетично обумовлену різницю сортів в потенційній продуктивності. При використанні правильно сформованої сортової структури приріст врожайності може досягати 0,52 тони зерна з гектара, що значно покращує якість одержуваного зерна та оптимізує врожайність протягом усього періоду вегетації. Така ситуація сприяє стабілізації врожайності, продовжує агротехнічні терміни збору врожаю і дозволяє знизити пікове навантаження на збиральну техніку.

За останні 20 років в Україні була розроблена і впроваджена нова Селекційна політика на основі експериментів з сертифікації сортів, заснованих на переході від монопольного використання сортів до науково обґрунтованої сортової структури [6, 9, 12].

Впровадження нової селекційної політики дозволило підвищити врожайність озимої пшениці та стабілізувати виробництво зерна [10]. Це пов'язано, перш за все, з точним впровадженням сорту у виробництво відповідно до його агроекологічними вимогами, що підвищує загальну адаптивність культури. Завдяки швидкій і своєчасній сортозміні, на частку сортів пшениці озимої, створених за останні п'ять років, припадало близько 80% посівних площ, при попередній сортозміні врожайність сортів збільшилася на 0,2-0,3 т/га. Розширення спектра генів стійкості пшениці до основних хвороб супроводжується шляхом зниження ризику патологічних змін рослин. Для використання в сортовій структурі в оптимальному поєднанні сортів всіх груп стиглості, що не тільки забезпечує стабілізацію врожайності, але і дозволяє значно розширити межі агрономічно допустимого догляду та збору врожаю, а також скоротити кількість використовуваної техніки [11].

При плануванні польових дослідів виробники надають пріоритет агрономічним факторам, які мають найбільший вплив на формування господарських ознак: попередники, строки сівби, мінеральне живлення тощо [13, 14].

Базовими факторами формування врожайності пшениці озимої є продуктивність колосу та щільність їх стояння. Встановлення закономірностей формування

саме цих складників врожайності пшениці озимої, як біологічної реакції визначених сортів на технологічні та природно-кліматичні умови вирощування є актуальним. Слід зазначити, що систематичні дослідження сортів у багатофакторних польових дослідках сприяють підвищенню імовірності отриманих оцінок. [8, 15].

Постановка завдання. Основним пріоритетом у підборі агровиборниками сортового складу пшениці озимої є здібність впроваджуваних сортів до формування оптимальних параметрів посіву, які забезпечують отримання високої врожайності у поєднанні зі стійкістю до біотичних і абіотичних стресів на рівні генотипу, агроєкосистеми та агроландшафту, а також на фоні глобальних змін клімату. За мету досліджень було прийнято вивчення закономірностей формування продуктивного стеблостою різними сортами пшениці озимої в умовах північно-східного Лісостепу України.

Матеріалом досліджень були сорти пшениці озимої Довіра одеська, Спадщина одеська (Селекційно-генетичний Інститут – Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення НААН), МІП Вишиванка (Білоцерківська дослідно-селекційна станція Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН), Краса ланів (Інститут рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН), МІП Фортуна (Миронівський інститут пшениці ім. В.М. Ремесла НААН), Водограй (ННЦ «Інститут землеробства» НААН). Дослідження проводилися 2021-2024 роках в Сумській філії Українського інституту експертизи сортів рослин. Ґрунти дослідних ділянок - чорнозем сильно реградований середньосуглиниковий з вмістом гумусу – 4,77%, кислотною реакцією ґрунту 5,7, вмістом рухомих сполук фосфору – 114 мг/кг, калію – 84 мг/кг ґрунту за Чириковим.

Площа облікової ділянки становила 35-40 м², повторність - триразова, розташування ділянок - систематичне. Обробіток ґрунту полягав у дискування на глибину 12-15 см і передпосівній культивуванні на глибину 5-6 см. Глибина загортання насіння 4-6 см сівалкою СН-16. У досліді застосовували норми висіву 5,5 млн. схожих насінин на 1 га. Протруювання насіння перед сівбою проводили фунгіцидом Максим Екстрим. Строки сівби у роки проведення досліджень були оптимальні для даної зони (перша декада жовтня). Навесні проводили підживлення аміачною селітрою з розрахунку - N₃₀ на 1 га. Догляд за посівами полягав у боротьбі з бур'янами із застосуванням гербіциду Пума супер (1 л/га). Облік урожаю проводився шляхом збирання врожаю на обліковій ділянці методом комбайнування та перерахунком до стандартної вологості [16]. В основі статистичної обробки був застосований двофакторний дисперсійний аналіз.

Виклад основного матеріалу дослідження. Кінцева густина продуктивного стеблостою в посівах зумовлюється нормою висіву, польовою схожістю, кустистістю та виживанням рослин. Правильний вибір норми висіву забезпечує первинне формування продуктивного стеблостою. Динаміка формування продуктивного стеблостою починається з отримання одночасних якісних сходів. Щільності стояння рослин визначається польовою схожістю (відсоток кількості рослин на 1 м² під час повних сходів від кількості фактично висіяного схожого насіння на 1 м²). Найбільша польова схожість (73,9%) в досліді в середньому за роки досліджень була відзначена у сорту Краса ланів. Найменша у сорту Спадщина одеська – 70,2%. Сорти Довіра одеська, МІП Вишиванка, МІП Фортуна та Водограй, мали показники 72,2, 72,0, 70,7 і 71,0% відповідно (рис. 1).

Схожість та виживаність рослин в осінній період визначили показник кількості рослин при вході в зиму. Найбільший середній за роки досліджень показник густоти входу в зиму спостерігався в посівах сорту Краса ланів - 4,06 млн. шт./га.

Майже на 10 тис. шт./га рослин менше було в посівах сорту Довіра одеська та МІП Вишиванка. Сорти Водограй, МІП Фортуна та Спадщина одеська сформували щільність посівів на рівні 3,86-3,91 млн. рослин на гектарі.

Для розуміння стійкості до перезимівлі посівів, що забезпечать високий потенціал врожайності, необхідно дослідити наскільки рослини нормально розкущені, облиственені та вкорінені перед відходом у зиму. Перерослі з розпластаною формою куща рослини прийнято вважати не зимостійкими [4].

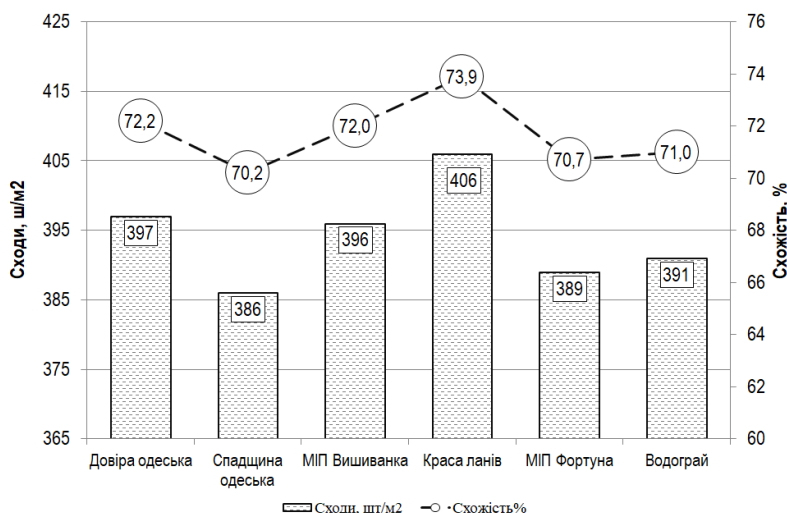


Рис. 1. Формування густоти рослин в осінній період в посівах пшениці озимої, в середньому за 2021–2024 рр.

До параметрів, які визначають стан рослин перед входом в зиму слід віднести висоту рослин, їх масу, загальну кількість листків на рослини та облиствененість головного стебла.

Середні показники висоти за роки час досліджень коливались від 14,3–14,4 см у сортів Спадщина одеська та Краса ланів до 17,6 см у сорту Водограй. Ці показники слід вважати позитивними індикаторами посівів перед зимівлею. Кількість листків на рослині в цей період варіювало від 5,2 шт. у сорту Спадщина одеська до 6,1 шт. у сорту МІП Вишиванка. Облиствененість головного стебла коливалась в менший мірі: від 3,7 шт. у сорту Краса Ланів до 4,0 шт. листків. Середній показник маси у більшості сортів складав 3,5–3,6 г/рослина, за виключенням сорту МІП Вишиванка – 4,1 г/рослина (табл. 1).

Наведені дані свідчать про те, що рослини всіх сортів входили в зиму добре розкушеними, облиштованими та вкоріненими.

Результати перезимівлі визначались на час відновлення весняної вегетації кількістю рослин, що перезимували. Вони свідчать, що найбільша загибель рослин в зимовий період спостерігалась у сорту Краса ланів – 41 шт./м². У двічі меншою була втрата рослин у посівах сорту МІП Вишиванка – 22 шт./м². Кількість загблих рослин іншими сортами була на рівні 27–34 шт./м². Найбільша виживаність рослин була відзначена у сорт МІП Вишиванка – 94,7%, мінімальне значення по досліді було у сорту Краса ланів – 90,2% (рис. 2).

Таблиця 1

**Розвиток рослин перед відходом у зиму в посівах пшениці озимої,
в середньому за 2021–2024 рр.**

Сорти пшениці озимої	Висота рослин, см.	Кількість листків		Маса рослини, г
		на рослині, шт.	на головному пагоні, шт.	
Довіра одеська	15,0	5,5	3,9	3,6
Спадщина одеська	14,3	5,2	3,8	3,5
МІП Вишиванка	17,3	6,1	4,0	4,1
Краса ланів	14,4	5,4	3,7	3,5
МІП Фортуна	17,0	5,8	4,0	3,6
Водограй	17,6	5,5	3,3	3,5
НІР _{05(сорт)}	2,43	0,83	0,57	0,55

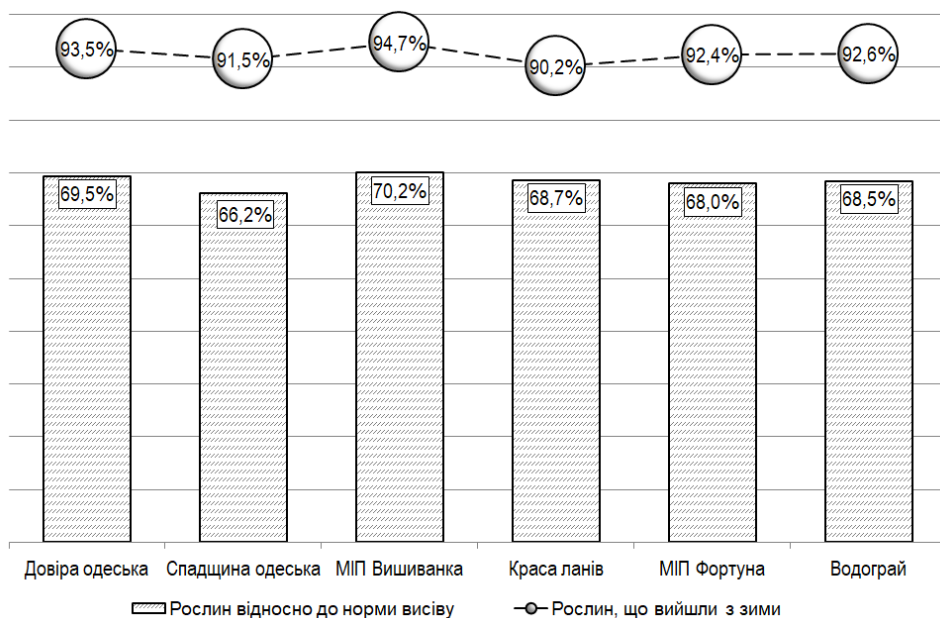


*Рис. 2. Стан посіву досліджуваних сортів за результатами перезимівлі,
в середньому за 2021–2024 рр.*

З урахуванням щільності посівів перед відходом в зиму та виживаності в зимовий період встановлено, що на період відновлення вегетації найбільшою кількістю рослин на одиниці площі характеризувалися сорти МІП Вишиванка – 386 шт./м² та Довіра одеська – 382 шт./м². Щільність інших сортів після перезимівлі була на рівні 374–378 шт./м². Найнижчим показником – 364 шт./м², характеризувався сорт Спадщина одеська.

Подальший розвиток стеблостою рослин полягав у проходженні фази весняного кущення, яка формує кінцеву кількість продуктивних колосів в рослині. В посівах пшениці озимої, що вирощується в умовах північно-східного Лісостепу,

прийнято вважати 6,0–7,5 млн. шт./га за оптимальне значення щільності продуктивних стебел на момент збирання.

Результати формування продуктивних стебел сортами на час збирання наведені в таблиці 2. В період вегетації, з часу виходу з зими до збирання, загальна кількість рослин в середньому за роки досліджень зменшувалась до 364–386 шт./м². Однак, завдяки добрим показникам кушення кількість продуктивних стебел майже всіх сортів на час збирання була в межах 561,0–753,2 шт./м².

Таблиця 2

Параметри продуктивного стеблостою різних сортів пшениці озимої в фазу повної стиглості, в середньому за 2021–2024 рр.

Сорти пшениці озимої	Кількість рослин перед збиранням, шт./м ²	Кількість продуктивних стебел на одній рослині, шт.	Кількість продуктивних стебел, шт./м ²
Спадщина одеська	364	1,54	561,0
МІП Фортуна	374	1,64	612,8
Водограй	377	1,64	618,1
Краса ланів	378	1,84	695,0
Довіра одеська	382	1,74	664,1
МІП Вишиванка	386	1,95	753,2

Лише у сорту Спадщина одеська коефіцієнт продуктивної кусистості був на рівні 1,54 та не зміг компенсувати дещо нижчу схожість та збереженість рослин протягом вегетації, що не дозволило сформувати продуктивний стеблостій з оптимальною густотою – на рівні 600 шт./м²). Показники інших досліджуваних сортів фіксували позитивну динаміку формування кількості продуктивних стебел (612,8–664,1 шт./м²), що знаходились в межах оптимального стеблостою.

Окремо вирізнявся сорт МІП Вишиванка, який формував максимальну кількість продуктивних стебел (753,2 шт./м²) та високий коефіцієнт продуктивного кушення (1,95).

Висновки і пропозиції. На підставі проведених досліджень встановлена сортова реакція формування продуктивного стеблостою пшениці озимої на умови вирощування. Роки досліджень в цілому були сприятливим для розвитку рослин пшениці озимої всіх сортів при умові висіву в оптимальні для зони строки. Умови для кушення були сприятливими, як в осінній, так весняний періоди.

Однак, не вважаючи на сприятливі умови перезимівлі та формування продуктивного стеблостою, біологічна реакція вплинула на різницю у кількості продуктивного стеблостою на період збирання в розрізі сортів. Показників оптимальної густоти продуктивних стебел досягли всі сорти за виключенням сорту Спадщина одеська (561 шт./м²). Найбільша щільність продуктивного стеблостою була сформована в посівах сорту МІП Вишиванка – 753,2 шт./м².

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Жемла Г.П., Бараболя О.В., Татарко Ю.В., Антоновський О.В. Вплив особливостей сорту на якість зерна озимої пшениці. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2020. Вип. (3). С. 32–39. doi:10.31210/visnyk2020.03.03.
2. Lopez-Bellido, Luis, Lopez-Bellido, & Rafael J. Sowing of winter wheat in the rainfed conditions of Mediterranean Conditions. Agronomic J. 2006. (98). P. 55–62.

3. Каленський В.П., Матвієнко А.І. Якість зерна озимих зернових культур залежно від сортових особливостей та системи живлення. Інститут біоенергетичних культур та цукрових буряків. 2013. Вип. 17(1). С. 132–135.
4. Желдубовський М.С., Ярошук С.В., Дубовик І.І. Вплив строків сівби на формування показників структури врожайності озимої пшениці. Аграрні інновації. 2024. Вип. 24. С. 7–72. doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.24.9
5. Sobko M., Butenko Y., Davydenko G., Solarov O., Pylypenko V., Makarova V. Ecological and Economic Study of Wheat Winter Varieties by Different Geographical Origin. Ecological Engineering & Environmental Technology. 2023. 24(1). P. 12–21. doi.org/10.12912/27197050/154912.
6. Литвиненко М.А. Вибір сорту озимої пшениці – запорука високих врожаїв. Зберігання та переробка зерна. Київ. 2002. Вип. 5. С. 22–25.
7. Солодушко М.М., Гасанова І.І., Прядко Ю.М., Носенко Ю.М. Урожайність та якість зерна озимої пшениці та тритикале залежно від попередників та строків сівби. Вісник Інституту землеробства Степової зони НААН України. 2016. Вип. 11. С. 35–39.
8. 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
9. Колпакова О.С. Озима пшениця в умовах Півдня. Вплив сортових агротехнік на врожайність. Агроном. 2014. Вип. 1. С. 84–86.
10. Жемела Г.П., Кузнецова О.А. Вплив сортових властивостей на продуктивність та якість зерна м'якої озимої пшениці. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2012. Вип. 3. С. 23–25.
11. Литвиненко М.А., Голуб Е.А. Підвищення генетичного потенціалу показників продуктивності та якості зерна у селекції озимої м'якої пшениці. Уманський державний аграрний університет. 2008. С. 389–399.
12. Shakaliy S.M., Bagan A.V., Yurchenko S.O., Chetveryk O.O. Influence of predecessors on yield and grain quality of new winter durum wheat varieties. Bulletin of Poltava State Agrarian Academy. 2021. 1. P. 65–71. doi:10.31210/visnyk2021.01.07.
13. Желязков О.І., Козечко В.І. Реакція різних сортів озимої пшениці після ярого ріпаку на умови вирощування в Північному Степу України. Наукові статті. Чорноморський державний університет імені Петра Могили. Серія «Екологія». 2014. Вип. 220(232). С. 75–78.
14. Nazarenko M., Semenchenko O., Izhboldin O., Hladkikh Y. French winter wheat varieties under ukrainian north steppe condition. Agriculture and Forestry. 2021. 67(2). P. 89–102.
15. Viecelli M., Pagnoncelli Jr. F.B., Trezzi M.M., Cavalheiro B.M., Gobetti R.C.R. Response of Wheat Plants to Combinations of Herbicides with Insecticides and Fungicides. Planta Daninha. 2019. 37. doi:10.1590/s0100-83582019370100068.
16. Демидов О.А. Методика проведення експертизи сортів рослинної групи зернових на відмінність, однорідність і стабільність Вінниця: ТОВ «ТВОРИ». 2021. С. 217.

УДК 631.8;635.21

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.144.3>

ВПЛИВ ІНТЕНСИВНОСТІ ФЕРТИГАЦІЇ НА ДИНАМІКУ ЗАКЛАДАННЯ ТА ФОРМУВАННЯ БУЛЬБ КАРТОПЛІ СТОЛОВОЇ

Бикін А.В. – д.с.-г.н., професор, академік

Національної академії аграрних наук України,

професор кафедри агрохімії та якості продукції рослинництва,

Національний університет біоресурсів і природокористування України

orcid.org/0000-0001-7212-7340

Кудря О.Ю. – аспірант кафедри агрохімії та якості продукції рослинництва,

Національний університет біоресурсів і природокористування України

orcid.org/0009-0008-6800-1727

Збалансоване мінеральне живлення картоплі, зокрема, такими важливими поживними макроелементами, як фосфор і калій – основа успішного рослинництва. Одним із перспективних напрямків у цьому аспекті є пошук оптимального поєднання застосування фосфорно-калійних добрив з краплинною вологою через систему підповерхневої фертигації та внесенням традиційних добрив в основне удобрення. У запропонованій статті відображені результати досліджень в період 2023-2024 рр. у польовому досліді кафедри агрохімії та якості продукції рослинництва ім. О.І. Душечкіна Національного університету біоресурсів і природокористування України, на базі господарства ТОВ «Біотех ЛТД» (с. Городище, Бориспільський район, Київська область). Схема досліді включала чотири варіанти, що різнилися між собою різною часткою фертигації фосфорно-калійними добривами (30%, 50%, 70% і 100%) та внесенням основних добрив в осінньо-весняний період до висаджування бульб. Площа облікової ділянки становила 144 м², розміщення варіантів досліді – систематичне, повторність – чотирикратна. Ґрунт дослідної ділянки – темно-сірий опідзолений легкосуглинковий. Сорт картоплі в досліді – Тирас, оригіномом якого є Інститут картоплярства НААН України (Поліська дослідна станція ім. О.М. Засухіна). Відбір зразків рослинного матеріалу здійснювався у фазі бутонізації (ВВСН 51-59), масового цвітіння (ВВСН 60-69) та «зеленої ягоди» (ВВСН 70-79).

За результатами проведених досліджень встановлено, що різний ступінь інтенсивності фертигації фосфорно-калійними мінеральними добривами позначався на ініціації бульб та швидкості її настання. Найбільшу кількість бульб більше 1 см в період моніторингу насаджень картоплі забезпечив варіант з 50% часткою фертигації фосфорними і калійними добривами – 1, 9,37 і 20,6 шт/рослину, відповідно до послідовності фаз росту і розвитку культури. Окрім того, цей варіант дозволив отримати найбільшу кількість пагонів – 4,37, 4,62 і 7,37 шт/рослину і вихід маси надземної частини – 243 г, 405 г і 673 г/рослину, відповідно до фази росту і розвитку картоплі столової.

Ключові слова: картопля, фертигація, крапельний полив, фосфорно-калійні добрива, кількість бульб, фаза росту і розвитку.

Bykin A.V., Kudria O.Yu. The influence of fertigation intensity on the dynamics of tuber setting and formation of table potatoes

Balanced mineral nutrition of potato, particularly, with such important macronutrients like phosphorus and potassium plays key role in successful plant production. One of the promising areas of scientific research is the optimal combination of phosphate and potassium fertilizers applied through the subsurface drip irrigation system and traditionally as main fertilizers. This article reflects the results of research during 2023-2024 within the framework of the field trials of Department of agrochemistry and quality of plant products named after Olexandr Dushechkin of the National university of life and environmental sciences of Ukraine. The field experiment was performed in "Biotech LTD", Horodischche village, Boryspil district, Kyiv region. The experimental scheme included 4 plots with different fertigation grade of potassium – phosphate fertilizers (30%, 50%, 70% i 100%) combined with main fertilizers during autumn-spring period before tuber planting. The experimental plot was 144 m². The variants were located systematically in 4 replications. Soil of the trial plots – dark-grey light loamy podzolic. Potato variety within

the trials – Tiras, originator – Institute for potato research (National agricultural academy of sciences of Ukraine, Polissya research center named after Zasuhin). Sampling of plant material was carried out at pre-flowering, massive flowering and «green berry» growth stages.

According to the results, it's worth noting that the intensity of drip fertigation of potassium-phosphate fertilizers influenced the tuber formation initiating and its time. The largest number of tubers during the monitoring period was provided by 50% fertigation of PK fertilizers – 1, 9.37, 20.6 pc per plant, according to the growth stage of the crop. In addition, this variant allowed to obtain the highest number of shoots – 4.37, 4.62 and 7.37 pc per plant and yield of the above-ground mass per one plant – 243, 405 and 673 g, according to the specific potato growth stage.

Key words: potato, fertigation, drip irrigation, potassium-phosphate fertilizers, number of tubers, growth and development stage.

Постановка проблеми. Картопля є стратегічно важливою культурою для людства через широкий спектр її використання. Згідно даних Продовольчої і сільсько-господарської організації ООН (FAO), врожай картоплі в більш ніж 100 країнах, що займаються промисловим вирощуванням культури, у 2023 році склав 383 млн з сукупної площі 16,8 млн га. Роком раніше валовий збір бульб картоплі був на рівні 376 млн т з 18,1 млн га, що свідчить про підвищення глобальної продуктивності культури в цілому через активне впровадження новітніх, більш ефективніших технологічних практик [1]. Україна традиційно входить до 10-ки лідерів з виробництва картоплі, в 2023 році вирощений об'єм становив близько 21,3 млн т [2]. Проте, цей вал включав переважно картоплю домашніх господарств, де дотримання технології вирощування та регламентів застосування агрохімікатів, в т.ч. добрив, є особливо актуальним.

Культура, маючи досить слабкорозвинену і обмежену переважно верхнім орним шаром ґрунту, кореневу систему, є вимогливою до ґрунтових умов вирощування, добре реагує на внесення органічних і мінеральних добрив та використовує загальною більше поживних речовин на формування врожаю, ніж більшість зернових та технічних культур. Зокрема, на кожні 10 т/га врожаю бульб та відповідної маси побічної продукції винос з ґрунту становить: 40-60 кг д.р. азоту, 15-20 кг д.р. фосфору, 60-80 кг д.р. калію та 18 кг д.р. магнію. Поглинання макроелементів, зокрема, фосфору та калію, відбувається нерівномірно протягом вегетації. Так, найбільша їх кількість споживається в період найінтенсивнішого приросту надземної маси, від фази бутонізації до масового цвітіння. В цей же період відбувається активне бульбоутворення, тому поживні речовини використовуються рослиною переважно на формування бульб та збільшення їх в розмірі [3, с. 338-339]. Фосфор – компонент АДФ/АТФ, органічних речовин, що є джерелом енергії багатьох біохімічних процесів в рослинах, в т.ч. фотосинтезу. Окрім того, елемент входить до структури ДНК, фосфоліпідів клітинних мембран та деяких ензимів. Фосфорні добрива сприяють розвитку кореневої системи, збільшують вихід сухої речовини рослин картоплі, кількість і розмір бульб під кущем. Калій – поживний елемент, якого картопля потребує кількісно найбільше – відповідає за транспорт пластичних речовин, входить до структури деяких ензимів, що впливають на синтез білків і вуглеводів (накопичення крохмалю), регулює клітинний тургор та їх водно-сольовий баланс. Калій регулює відкриття і закриття продихів, транспіраційні процеси в рослинах, таким чином впливаючи на холодо-, посухо- і жаростійкість рослин [4, с. 176-177, 5].

Оптимальне вологозабезпечення, особливо в період активного вегетативного приросту та формування бульб, є одним з ключових факторів отримання високих і прогнозованих врожаїв картоплі належної якості. Культура має досить помірний транспіраційний коефіцієнт (кількість води в грамах, необхідної для

формування 1 г сухої речовини) порівняно з іншими сільськогосподарськими культурами (пшениця озима – 400-450, ріпак – 740-750, соняшник – 470-570), який коливається в межах 440-550 [6]. Проте, враховуючи істотно більший вихід врожаю відносно зернових культур, навіть з урахуванням середнього вмісту сухої речовини в бульбах 20%, нерівномірну потребу у волозі протягом вегетації, слабкорозвинену кореневу систему, обмежену фактично глибиною обробітку ґрунту, та той факт, що культурі краще підходять піщані, супіщані ґрунти легкого гранулометричного складу і з невисоким вмістом гумусу, що мають низьку водоутримуючу здатність, а також серйозні погодно-кліматичні виклики останніх років в Україні з періодами аномально високих температур літку та посушливими зимами, постає необхідність впровадження систем ірригації (зрошення) не лише традиційно на півдні України, але і у північних та західних регіонах. На сьогодні серед існуючих систем зрошення (підтоплення міжрядь, дощування, поверхневе крапельне), найбільшою ефективністю водовикористання (90%) та впливом на розвиток і врожайність культури картоплі характеризується підземний крапельний полив. Зокрема, розміщення крапельної стрічки під поверхню ґрунту дозволяє на 55% збільшити продуктивність культури, порівняно з її надземним розташуванням. Крапельна ірригація в цілому має і ряд інших переваг, порівняно з іншими способами поливу і вирощуванні на богарі: запобігає ерозійним процесам ґрунту, не стимулює проростання бур'янів через суху поверхню – відсутні додаткові витрати на гербіциди; підтримує постійну присутність вологи всередині гребеня, що в свою чергу сприяє кращій доступності поживних речовин та їх рівномірному розподілу; дозволяє уникнути небажаного ущільнення ґрунту, утворення кірки на його поверхні та суттєво знизити залежність від умов навколишнього середовища [4, с. 446-447, 7, 8].

Культура картоплі столової має достатньо низьку ефективність засвоєння поживних речовин з ґрунту: азот – 20-40%, фосфор – 10-30%, калій – 10-19%. Решта внесених поживних речовин часто втрачається внаслідок промивання вниз по профілю ґрунту або змиву в яри, балки та інші ландшафтні пониження [8]. Тому, задля підвищення економічної та агрономічної ефективності використання добрив, а також в контексті екологізації землеробства, важливим є їх локалізація в зоні безпосереднього розвитку кореневої системи та формування майбутнього врожаю. Цього можна досягти шляхом внесення водорозчинних мінеральних добрив протягом вегетації культури через систему підземного крапельного зрошення. Враховуючи суттєву різницю у вартості традиційних простих мінеральних добрив для передпосадкового внесення і кристалічних/ порошкоподібних водорозчинних для потреб фертигації, важливим є вибір найбільш оптимального відсоткового поєднання обох типів добрив в системі удобрення культури.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Впровадження систем зрошення, незалежно від їх виду, дозволяє отримати на 25-50% більший врожай бульб картоплі, а внесення розчинених у поливній воді мінеральних добрив збільшує ефективність використання поживних речовин з них до 80-90%. Економія від цього прийому до 25% [7].

Впродовж 2021-2023 рр. науковці Джонг Хук Кім, Сунг Хан Шо та ін. досліджували ефективність внесення мінеральних добрив у насадженнях картоплі способом підземного крапельного поливу. Схема досліду включала варіанти без поливу, з поливом без добрив, з додаванням 20, 50 і 70 кг/га д.р. калійних добрив. Найвищий врожай в досліді було відмічено у варіанті з внесенням 50 кг д.р. K_2O , де рослини абсорбували і найбільше калію. Крапельний полив (243 мм/га вологи за

період вегетації) дозволив отримати на 32,2% більше врожаю, ніж у контролі без поливу. Фертигація на найбільш продуктивній схемі досліді (K50) забезпечила одержання на 56,7% приросту врожаю [8].

Протягом 2019-2022 рр. А.В. Бикін та Т.В. Панчук досліджували питання ефективності локалізації фосфорно-калійних добрив в гребені, в зоні активного формування кореневої системи, відносно розкидного способу внесення перед висаджуванням бульб. Варіанти з внесенням фосфорно-калійних добрив ($P_{80}K_{180}$, $P_{60}K_{135}$, $P_{40}K_{90}$) локально на фоні N_{150} за всі роки досліджень забезпечили вищу врожайність відносно контролю $P_{80}K_{180}$, де добрива вносились врозкид, у передпосадкову культивуацію. Найбільший приріст врожаю у сприятливі та несприятливі роки (34,1 т/га – 2019-2021 рр., 29,1 т/га – 2022 р.) і найкращу рентабельність вирощування (66,9% в середньому за період 2019-2022 рр.) відмічено у варіанті із застосуванням фосфорно-калійних добрив у нормі $P_{60}K_{135}$. Цей варіант найбільш суттєво вплинув на формування вегетативної маси рослин, зокрема, надземної (38,0 т/га) та підземної (28,7 т/га) частин, що на 2,6 т/га більше, ніж у варіанті з повною нормою добрив за такого ж способу внесення [9]. Результати цього дослідження підтверджують ефективність локалізації мінеральних добрив в безпосередній близькості до поглинальної зони кореневої системи, проте, разом з тим вказують на відсутність лінійної залежності між кількістю добрив, що внесені таким способом, і приростом врожаю та економічною ефективністю вирощування.

Метою дослідження було встановлення впливу різної частки фертигації картоплі столової фосфорно-калійними добривами через систему підземного крапельного поливу та традиційного способу їх внесення на динаміку закладання і формування бульб та окремі біометричні показники картоплі столової.

Матеріали і методи дослідження. Дослідження проводились протягом 2023-2024 рр. у польовому досліді кафедри агрохімії та якості продукції рослинництва ім. О.І. Душечкіна НУБІП України на базі господарства ТОВ «Біотех ЛТД» (с.Городище, Бориспільського району, Київської області) з ранньостиглим сортом столового призначення Тирас (оригінація - Інститут картоплярства НААН України, Поліська дослідна станція ім. О.М. Засухіна). Схема досліді включала чотири варіанти. Облікова ділянка для відбору зразків ґрунту, збору біометричних даних та рослинного матеріалу становила 144 м², повторність – чотирикратна. Розміщення варіантів досліді – систематичне. Перший варіант передбачав внесення 70% діючих речовин мінеральних фосфорно-калійних добрив в осінньо-весняний період до висаджування бульб і 30% - через систему крапельного зрошення ($N_{135}P_{35}K_{198}/N_{58}P_{15}K_{85}Ca_{57}Mg_{15}S_{72}$), другий варіант – 50%/50% ($N_{95}P_{25}K_{147}/N_{95}P_{25}K_{147}Ca_{57}Mg_{15}S_{66}$), третій варіант – 30%/70% ($N_{57}P_{14}K_{120}/N_{133}P_{32}K_{175}Ca_{57}Mg_{15}S_{89}$), четвертий варіант – 100% фертигація ($N_{0}P_{0}K_{88}/N_{190}P_{50}K_{206}Ca_{57}Mg_{15}S_{85}$) [10]. Зразки рослинного матеріалу були відібрані у наступні фази росту і розвитку: бутонізація (ВВСН 51-59), масове цвітіння (ВВСН 60-69), «зелена ягода» (ВВСН 70-79) [12, с. 300].

Ґрунт дослідної ділянки – темно-сірий опідзолений грубопилувато-легкосуглинковий на лесі, що є типовим для зони Лівобережного Лісостепу України та має 58-64 бали бонітету. Згідно даних агрохімічного обстеження для цього ґрунту характерна слабокисла реакція ґрунтового середовища (5,48), високий вміст рухомого фосфору (246 мг/кг) та обмінного калію (224 мг/кг), низький вміст мінеральних сполук азоту (14,5 мг/кг) та рухомої сірки (3,64 мг/кг), підвищений вміст магнію (2,64 мг-екв/100 г ґрунту) та середній вміст кальцію (7,93 мг-екв/100 г ґрунту) [11].

В досліді використовувались наступні мінеральні добрива: РКД 8:24: N – 8 %, P₂O₅ – 24 % (ТУ 2186- 627-00209438-01), калій хлористий: K₂O – 60 %

(ТУ 2184-042-00209527-97), нітрат кальцію водорозчинний (N – 15,5%, CaO – 26,5%, Ducanit, DUSLO A.S., Словаччина), сульфат магнію семиводний, сульфат калію (K₂O – 51%, SO₃ – 46%, Tessenderlo Kerley, Inc., Бельгія).

Для проведення досліджень нами були використані загальноприйняті методики дослідної справи в агрономії [13]. Вологозабезпечення та температурний режим протягом періоду вегетації в роки досліджень відрізнялись від середньо-багаторічних значень. 2024 був більш посушливим та з довшим періодом екстремально високих температур влітку.

Виклад основного матеріалу дослідження. Оптимальне живлення фосфором та калієм сприяє утворенню більшої кількості бульб картоплі, стійкості культури до грибкових та бактеріальних хвороб, абіотичних стресів (посуха, різкі перепади температур тощо), покращує якість та смакові властивості бульб [14].

В результаті проведених досліджень нами встановлено істотну різницю динаміки формування бульб залежно від ступеня інтенсивності фертигації фосфорно-калійними добривами. Так, у фазу бутонізації найбільше бульб діаметром >1 см було сформовано у варіанті №1 (30% фертигація) – 1,50 шт/рослину (табл.1). У варіанті з 100% часткою фертигації закладання бульб ще не відбувалось. У варіантах з 50% і 70% часткою фертигації було сформовано в середньому 1 бульбу на рослину. У фазу масового цвітіння тенденція дещо змінилась: варіант з 30% часткою фертигації забезпечив найменшу кількість бульб – 4,62 шт/рослину, натомість найбільше бульб було сформовано у варіанті з 50% часткою фертигації (далі – варіант № 2) – 9,37 шт/рослину. Дещо нижчими показниками характеризувались варіанти з 70% та 100% часткою фертигації (далі – варіанти № 3 і 4) – 8,62 шт/рослину і 7,62 шт/рослину, відповідно. У фазу «зеленої ягоди» тенденція збереглась. Найбільшу кількість бульб забезпечило внесення 50% фосфорно-калійних добрив з краплинною вологою – 20,6 шт/рослину. Дещо менші показники отримано у варіанті № 3 (70% частка фертигації) – 19,6 шт/рослину та у варіанті №1 – 17,7 шт/рослину. Найменша кількість бульб у цю фазу була характерна для варіанту з повною (100%) нормою фосфорно-калійних добрив з поливом – 16,0 шт/рослину. Отже, найбільший вплив на ініціацію і формування бульб в динаміці мали варіанти з 50% та 70% часткою фертигації. Це обумовлено сприятливішим балансом між внесеними фосфорно-калійними добривами в основне удобрення, які вплинули на початкове формування кореневої системи культури, та водорозчинними добривами, що були застосовані разом з краплинною вологою протягом активної вегетації.

Таблиця 1

Вплив різної частки фертигації фосфорно-калійними добривами на формування бульб картоплі розміром >1 см, середнє за 2023-2024 рр. (шт/рослину)

№ варіанту	Варіант досліджу	Фаза росту і розвитку рослин		
		бутонізація	масове цвітіння	«зелена ягода»
1	Фертигація 30%	1,50	4,62	17,7
2	Фертигація 50%	1,00	9,37	20,6
3	Фертигація 70%	1,00	8,62	19,6
4	Фертигація 100%	-	7,62	16,0
H _{IP} _{0,05}		1,07	2,45	3,48

Різна частка фертигації обумовлювала певний вплив на масу надземної частини, кількість пагонів і листків у рослинах (табл.2). Зокрема, цей показник

збільшувався від фази бутонізації до масового цвітіння і «зеленої ягоди»: 295, 373, 527 г/рослину у варіанті з 30% часткою фертигації, 243, 405, 673 г/рослину – у варіанті з 50% часткою, 201, 304, 485 г/рослину – у варіанті з 70% часткою та 208, 298, 655 г/рослину – у варіанті з 100% часткою фертигації фосфорно-калійними добривами. Кількість листків у фазу бутонізації була найменшою у варіанті №1 і становила 37,0 шт/рослину в середньому за 2023-2024 рр. досліджень. Найбільша кількість листків у цю фазу формувалась у варіанті з повною (100%) нормою добрив. Проте, у наступних обох фазах росту та розвитку найбільше листків було у першому варіанті (55,2 шт/рослину і 69,0 шт/рослину, відповідно). Найбільшу кількість пагонів в одному куці у фазу бутонізації забезпечив варіант з 70% часткою фертигації (5,25 шт), при чому у першому варіанті пагонів було найменше – 3,75 шт/рослину. В наступних обох фазах розвитку найбільшу кількість пагонів в досліді отримано у варіанті №2 (50% фертигація) – 4,62 шт/рослину і 7,37 шт/рослину, відповідно. Найменшу кількість пагонів в динаміці між фазами масового цвітіння і «зеленої ягоди» обумовлював варіант з 30% часткою фертигації - 4,12 шт/рослину і 5,37 шт/рослину, відповідно.

Таблиця 2

Вплив різного ступеня фертигації фосфорно-калійними добривами на окремі біометричні показники рослин картоплі, середнє за 2023-2024 рр.

Фаза росту і розвитку рослин	Показник	Варіант досліді				
		Фертигація 30%	Фертигація 50%	Фертигація 70%	Фертигація 100%	НІР _{0,05}
бутонізація	маса надземної частини, г/рослину	295	243	201	208	23,1
	кількість листків, шт/рослину	37,0	40,0	38,0	43,0	4,50
	кількість пагонів, шт/рослину	3,75	4,37	5,25	5,12	1,19
масове цвітіння	маса надземної частини, г/рослину	373	405	304	298	59,4
	кількість листків, шт/рослину	55,2	50,1	52,6	50,9	3,84
	кількість пагонів, шт/рослину	4,12	4,62	4,25	4,50	0,39
«зелена ягода»	маса надземної частини, г/рослину	527	673	485	655	68,5
	кількість листків, шт/рослину	69,0	67,5	55,6	59,3	10,9
	кількість пагонів, шт/рослину	5,37	7,37	6,12	5,50	1,56

Висновки. За результатами польового досліді встановлено неоднаковий вплив різного ступеня інтенсивності краплинної фертигації фосфорно-калійними добривами на ініціацію та формування бульб картоплі в період активної вегетації

культури. Найбільший вплив на динаміку формування бульб у різні фази росту і розвитку мала схема удобрення з 50% часткою фертигації – 1, 9,37 і 20,6 шт/рослину. Для цього варіанту також була характерна найбільша маса надземної частини рослин – 243, 405 і 673 г/рослину та кількість пагонів – 4,37, 4,62 і 7,37 шт/рослину, відповідно від фази бутонізації, до масового цвітіння і «зеленої ягоди».

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. FAO announces the theme for International Day of Potato 2025. *Продовольча і сільськогосподарська організація ООН*: веб-сайт. URL: <https://www.fao.org> (дата звернення: 22.06.2025).
2. L. Pieterse, Global Potato Production: Insights and trends from the latest FAOSTAT data. *Potato News Today*, 2025: веб-сайт. URL: <https://www.potatonewstoday.com> (дата звернення: 22.06.2025).
3. Агрохімія: підручник, 2-ге видання, доповнене / Марчук І.У. та ін. Київ: НУБіП України, 2024. 338-339 с.
4. Anton J. Havenkort, Wageningen University and Research, The Netherlands. *Potato Handbook. Crop of the future* / 2018. P. 176-177, 446-447
5. How to increase potato yield? *Yara UK Ltd.*: веб-сайт. URL: <https://www.yara.co.uk/crop-nutrition/potato/increasing-potato-yield/> (дата звернення: 23.06.2025).
6. О. Березкіна, Картопляні технології на Чернігівщині. *Журнал Плантатор*, 2020: веб-сайт. URL: <https://agrotimes.ua/interview/kartoplyani-tehnologiyi-na-chernigivshhyni/> (дата звернення: 23.06.2025).
7. Н. Білера, Фертигація – інноваційний підхід до удобрення культур. *Журнал «Агроном»*, 2018: веб-сайт. URL: <https://www.agronom.com.ua/fertygatsiya-innovatsijnij-pidhid-do-udobrennya-kultur/> (дата звернення: 23.06.2025).
8. Jong Hyuk Kim etc, Response of potato growth and yield to potassium fertigation with a subsurface drip system. *Agronomy journal, ASA (American Society of Agronomy)*, 2025: веб-сайт. URL: <https://doi.org/10.1002/agj2.70104> (дата звернення: 27.06.2025).
9. Bykin, A., & Panchuk, T. V. (2022). Growth and development of potato plants under different methods and norms of fertilizer application. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Agronomy and Biology*, 48(2), 23-30. <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.2.4> (дата звернення: 26.06.2025).
10. Кудря О.Ю. Вплив фертигації фосфорними та калійними добривами на врожайність та вміст крохмалю картоплі столової. Науково-інноваційний розвиток агровиробництва як запорука продовольчої безпеки України: вчора, сьогодні, завтра: матеріали V Всеукраїнської науково-практичної конференції, Київ, 18-19 квітня 2024р. - Вінниця, *тези доповідей*, 2024. 208-209 с.
11. Панчук Т.В. Оптимізація умов живлення картоплі столової за локалізованого внесення добрив: *дис. на здобуття ступеня доктора філософії (PhD)* / НУБіП України. Київ, 2023. 72 с.
12. Рожков А., Дослідна справа в агрономії / Кн. 1. Харків : Майдан, 2016. 300 с.
13. Каленська С.М. та ін., Системи сучасних інтенсивних технологій у росл-цтві. *Підручник*: веб-сайт. URL: https://pidru4niki.com/78655/agropromislovist/stadiyi_rozvitku_kartopli_rozvitok_bulb#google_vignette (дата звернення: 26.06.2025).
14. Роль поживних речовин на різних стадіях росту картоплі: веб-сайт. URL: <https://www.yara.ua/crop-nutrition/potatoes/key-facts/growth-stage/role-of-phosphate/> (дата звернення: 27.06.2025).

УДК 664.8.032 : 634.23

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.144.4>

ОЦІНКА ТА МОДЕЛЮВАННЯ ФІЗИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПЛОДІВ ВИШНІ ЗАЛЕЖНО ВІД ОСОБЛИВОСТЕЙ СОРТУ

Василишина О.В. – д.с.-г.н.,

доцент кафедри харчових технологій,

Уманський національний університет

orcid.org/0000-0002-1066-4009

В статті наведено оцінку технологічних та фізичних показників якості плодів вишні різних сортів, їх вплив під час первинної обробки сировини на підприємствах.

Оскільки останнім часом на підприємствах харчової промисловості розвивається автоматизація та механізація технологічних процесів. Важливим питанням є вивчення фізичних та технологічних характеристик сировини які впливають на вибір обладнання та транспортування, сортування і пакування та умови зберігання. Важливим при цьому є моделювання та оптимізація технологічних процесів які б повністю включали показники якості продукції та використання даних результатів на практиці для проектування технологічного обладнання.

Метою статті було вивчення фізико-механічних властивості плодів вишні: розміру, ваги, кольору, щільності, діаметру, площі та сферичності, об'єму плодів. Досліджено технологічні властивості плодів вишні сортів Гріот Подбєльський, Альфа, Жадана, Елегантна, Оптимістка, Пам'ять Артеменка, Шанс, Лутовка, Шпанка зібраних у стані споживчої стадії стиглості на дослідній станції імені Л.П. Симиренка Інституту садівництва НААН.

Оцінено технологічні показники якості плодів вишні різних сортів на основі фізичних показників плодів. Встановлено, що в середньому плоди вишні мають довжину і товщину 10 мм, ширину 20 мм. Вага плодів – 4,7 г. Середній діаметр плодів складає 19,5 – 19,6 мм. Середня проектована площа плодів – 303,8–320,17 мм². Середня площа поверхні – 120,67 мм². Сферичність плодів складає 100,9. Співвідношення сторін – 1,04. Індекс луцення і подовження становить 0,95 і 0,97 відповідно. Об'єм плодів – 4036 мм³

За фізичними показниками розроблено математичні моделі прогнозування якості плодів вишні. Перспективою подальших досліджень є застосування отриманих показників в нормативних документах на сировину для підприємств по зберіганні та переробці продукції.

Ключові слова: плоди вишні, фізико-хімічні показники, діаметр, об'єм, сферичність.

Vasylyshyna O.V. Assessment and modelling of physical indicators of cherry fruits depending on the characteristics of the variety

The article provides an assessment of the technological and physical quality indicators of different cherry varieties and their impact during the initial processing of raw materials at enterprises.

Recently, food industry enterprises have been developing automation and mechanization of technological processes. An important issue is the study of the physical and technological characteristics of raw materials that influence the choice of equipment and transportation, sorting and packaging, and storage conditions. It is important to model and optimize technological processes that fully include product quality indicators and use the results in practice for the design of technological equipment.

The purpose of the article was to study the physical and mechanical properties of cherry fruits: size, weight, color, density, diameter, area and sphericity, and fruit volume. The technological properties of cherries of the varieties Griot Podbielsky, Alfa, Zhadana, Eleganta, Optimistka, Pam'yat Artemenka, Shans, Lutovka, and Shpanka, harvested at the consumer stage of ripeness at the L.P. Simirenko Experimental Station of the Institute of Horticulture of the National Academy of Agrarian Sciences, were studied.

The technological quality indicators of cherries of different varieties were assessed based on the physical characteristics of the fruit. It was found that, on average, cherries have a length and thickness of 10 mm and a width of 20 mm. The weight of the fruit is 4.7 g. The average diameter of the fruit is 19.5–19.6 mm. The average projected area of the fruit is 303.8–320.17 mm². The average surface area is 120.67 mm². The sphericity of the fruit is 100.9. The aspect ratio is 1.04. The peeling and elongation indices are 0.95 and 0.97, respectively. The volume of the fruit is 4036 mm³.

Mathematical models for predicting the quality of cherry fruit have been developed based on physical indicators. The prospect for further research is the application of the obtained indicators in regulatory documents for raw materials required by enterprises for the storage and processing of products.

Key words: cherry fruit, physicochemical parameters, diameter, volume, sphericity.

Постановка проблеми. Нині автоматизація та механізація технологічних процесів на підприємствах харчової промисловості відіграє важливе значення у робочому процесі підприємств. Важливим при цьому є розробка чітких технік та методів оцінки якості харчової продукції її моделювання які використовуються при проектуванні та механізації технологічних процесів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вишня – широко розповсюджена плодова культура в Україні, невибаглива до ґрунтово-кліматичних умов. Вона займає 2-ге після яблуні місце та характеризується зимостійкістю, скороплідністю, щорічною врожайністю, відносною невибагливістю до умов вирощування. Її плоди цінують за раннє досягання, високі смакові якості, лікувальні та тонізуючі властивості [1, 2]. Плоди вишні багаті на антоціани, флавоноїди, що зумовлюють її червоне забарвлення [3, 4].

За вмістом Р-активних речовин вишня не поступається аронії чорноплідній, горобині, яблукам, смородині [5, 6].

Вважається, що дуже ефективним з точки зору тривалого зберігання якості вишні є швидке заморожування. Аналіз літературних джерел показав, що одним із факторів, який стримує розвиток виробництва швидкозаморожених плодів вишні та вишнево-черешневих гібридів є недостатній ступінь вивченості сучасного вітчизняного асортименту цієї культури [7, 8].

Як швидкокопсувний продукт вишня піддається післязбиральній доробці: сортування, обробка антимікробними та іншими речовинами (лимонна кислота, саліцилова кислота), миття, пакування, транспортування [9]. При цьому важливим є вивчення питання фізичних, термічних, механічних властивостей післязбиральної обробки [10].

Фізичні характеристики плодів впливають на вибір обладнання та транспортування, сортування і пакування та умови зберігання [11]. Тоді як характеристики стиснення, щільність мають важливе значення для оптимізації транспортних операцій та упаковки [12–19].

Постановка завдання. Метою дослідження було дати оцінку фізико-механічним властивостям плодів вишні, зокрема розмір, вага, колір, щільність. Визначити моделі, які дають змогу врахувати та оцінити технологічні властивості плодів.

Матеріали й методика досліджень. Плоди вишні сортів Гріот Подбельський, Альфа, Жадана, Елегантна, Оптимістка, Пам'ять Артеменка, Шанс, Лутовка, Шпанка зібрані у стані споживчої стадії стиглості на дослідній станції імені Л.П. Симиренка Інституту садівництва НААН у 2016–2020 роках.

Масу плодів визначали за допомогою ваг з точністю до 0,01 г за Методикою проведення експертизи рослин групи плодових в Україні [13].

Для визначення відсоткового вмісту м'якоті і кісточки та їх співвідношення використовували рівняння (1 і 2): [14].

$$\text{Відсоток м'якоті} = \frac{\text{Вага} \cdot \text{мякоті}(g)}{\text{Вага} \cdot \text{плоду}(g)} * 100, \% \quad (1);$$

$$\text{Вага кісточки} = \frac{\text{Вага} \cdot \text{кісточки}(g)}{\text{Вага} \cdot \text{плоду}(g)} * 100, \% \quad (2).$$

Розміри плодів вимірювали мікрометром (з точністю до 0,01 мм). Для визначення розміру із партії плодів відбирали випадково 100 плодів. Визначали розміри по 3-х осях по осі x – велика вісь – довжина плоду (L), вісь y – від прямого кута осі x по площині шва – ширина (W) і товщина яку вимірювали вздовж осі z (T). Визначали показники середнього діаметру (dc), середній арифметичний діаметр (da), мм, середньогометричний діаметр (dd), мм, за рівняннями:

Середньогометричний діаметр, мм:

$$d_g = (L \cdot W \cdot T)^{\frac{1}{3}} \quad (3);$$

Середньоарифметичний діаметр, мм:

$$d_a = \frac{L + W + T}{3} \quad (4);$$

Еквівалентний середній діаметр, мм

$$d_e = \left[\frac{L \cdot (W + T)^2}{4} \right]^{\frac{1}{3}} \quad (5);$$

Сферичність:

$$\phi = \frac{(L + W + T)^{\frac{1}{3}}}{3} \cdot 100 \quad (6);$$

Співвідношення:

$$A_r = \frac{W}{L} \quad (7);$$

Індекс лущення:

$$f_r = \frac{T}{W} \quad (8);$$

Індекс подовження:

$$E_r = \frac{L}{W} \quad (9);$$

Проектована площа перпендикулярна до довжини плоду, мм²:

$$P_w = \frac{\pi \cdot W \cdot T}{4} \quad (10);$$

Проектована площа перпендикулярна до товщини плоду, мм²:

$$P_L = \frac{\pi \cdot L \cdot W}{4} \quad (11);$$

Проектована площа перпендикулярна до ширини плоду, мм²:

$$P_w = \frac{\pi \cdot W \cdot W}{4} \quad (12);$$

Критерії проекрованої площі, мм²:

$$CPA = \frac{P_L \cdot P_T \cdot P_W}{3} \quad (13);$$

Площа поверхні плоду, мм²:

$$S_A = \pi \cdot d_g^2 \quad (14);$$

Визначали співвідношення сторін, сферичність, площу поверхні (мм), об'єм (мм³) [15].

Об'єм витягнутого сфероїда, мм³:

$$V_{pro} = \frac{4\pi}{3} \times \left[\frac{L}{2} \right]^2 \times \left[\frac{W}{2} \right] \quad (15);$$

Об'єм сплюсненого сфероїда, мм³:

$$V_{pro} = \frac{4\pi}{3} \times \left[\frac{L}{2} \right] \times \left[\frac{W}{2} \right]^2 \quad (16);$$

Еліпсоїдний об'єм плоду, мм³:

$$V_{elip} = \frac{4\pi}{3} \times \left[\frac{L}{2} \right] \times \left[\frac{W}{2} \right] \times \left[\frac{T}{2} \right] \quad (17).$$

Статистичний аналіз мінімум, максимум, середні значення плодів обчислювали за програмою Excel, Statistica. Модель із найбільшим коефіцієнтом регресії (R²) обрано як модель оптимальної маси [15, 16, 17].

Виклад основного матеріалу дослідження. Використовуючи рівняння (1, 2) було розраховано середній відсоток м'якоті та кісточки плодів вишні різних сортів який склав 93,06 – 93,4% (табл. 1).

При чому найменший він був у плодів вишні сорту Оптимістка (93,06%) та Альфа (92,55%), а найвищий у сорту Шпанка (93,4%), Пам'ять Артеменка (93,33%) і Елегантна (93,33%).

Найвищий відсоток кісточки у плодів вишні сорту Жадана (7,69%, а найменший у сорту Шпанка (6,6%).

Таблиця 1

Фізичні властивості плодів вишні

Сорт	Вага плоду	Вага кісточки	Вага м'якоті	Відсоток м'якоті, %	Відсоток кісточки, %
Гріот Подбельський	4,6±	0,31±	4,29±	93,26	6,74
Альфа	5,1±	0,38±	4,72±	92,55	7,45
Жадана	5,2±	0,40±	4,80±	92,31	7,69
Елегантна	4,5±	0,30±	4,20±	93,33	6,67
Оптимістка	4,9±	0,34±	4,56±	93,06	6,94
Пам'ять Артеменка	4,8±	0,32±	4,48±	93,33	6,67
Шанс	4,2±	0,29±	3,91±	93,10	6,90
Лутовка	4,40,2	0,30±	4,10±	93,18	6,82
Шпанка	4,7±	0,31±	4,39±	93,40	6,60

Вміст м'якоті та кісточки плодів вишні можуть враховуватись для проектування обладнання із сортування та у роботі кісточковибивних машин на підприємствах харчової промисловості.

Крім фізичних показників, важливе значення мають і розміри плодів (таблиця 2).

Дослідження дають змогу встановити, що середні значення по сортах плодів вишні відрізняються між собою і складають: довжина 19 мм, ширина 20 мм і товщина 19 мм. При цьому значення для середнього діаметра (враховуючи формули 3–5) становлять 19,5 і 19,6 мм. Дані мають важливе значення для підбору сортувальних транспортерів та для миття сировини на підприємствах харчової промисловості.

Таблиця 2

Фізичні властивості плодів вишні

Фізичні властивості	Сорт							Середнє
	Гріот Подольський	Альфа	Жадана	Елегантна	Оптимістка	Пам'ять Артемьєва	Шанс	
1. Довжина, (L), мм	20±	21±	22±	18±	20±	18±	17±	19
2. Ширина, (W), мм	18±	21±	22±	20±	21±	21±	18±	20
3. Товщина, (T), мм	19±	20±	20±	18±	20±	20±	17±	19
4. Середньогометричний діаметр, (dg), мм	19,0	20,7	21,3	18,6	20,3	19,6	17,3	19,5
5. Середній арифметичний діаметр (da), мм;	19,0	20,7	21,3	18,7	20,3	19,7	17,3	19,6
6. Еквівалентний середній діаметр (de), мм.	19,0	20,7	21,3	18,7	20,3	19,6	17,3	19,6
7. Сферичність, ф	94,9	98,4	96,9	103,6	101,6	109,0	101,9	100,9
8. Співвідношення сторін	0,90	1,00	1,00	1,11	1,05	1,17	1,06	1,04
9. Індекс лущення	1,06	0,95	0,91	0,9	0,95	0,95	0,94	0,95
10. Індекс подовження	1,11	1,00	1,00	0,90	0,95	0,86	0,94	0,97
11. Проектована площа, перпендикулярна до довжини плоду (мм ²)	268,47	329,70	345,40	282,60	329,70	329,70	240,21	303,68
12. Проектована площа, перпендикулярна до товщини плоду (мм ²)	282,6	346,19	379,94	282,6	329,7	296,73	240,21	308,28
13. Проекція площі, перпендикулярної ширині плоду (мм ²)	254,34	346,19	379,94	314,00	346,19	346,19	254,34	320,17
14. Критерій проекрованої площі (мм ²).	268,47	340,69	368,43	293,07	335,2	324,21	244,92	310,71
15. Площа поверхні (мм ²) плоду	1131,45	1340,92	1426,2	1091,39	1297,53	1209,51	942,71	1205,67
16. Об'єм витягнутої сфероїди (мм ³) плоду	3768,00	4846,59	5572,45	3391,20	4396,00	3560,76	2722,38	4036,77
17. Об'єм сплюснутої сфероїди (мм ³) плоду	3391,20	4846,59	5572,45	3768,00	4615,80	4154,22	2882,52	4175,83
18. Еліпсоїдний об'єм (мм ³) плоду	3579,60	4615,80	5065,87	3391,20	4396,00	3956,40	2722,38	3961,04

За допомогою рівнянь (10–13) було визначено показники проекрованої площі (мм²), середні значення яких складали 303,68–308,38 і 320,17 мм² відповідно. При цьому розрахована середня площа поверхні складала – 1205,67 мм². Дані площі необхідні для оцінки індексу стиглості, інтенсивності транспірації та визначення втрат маси плодів.

За наведеними формулами 6 і 7 середня сферичність плодів вишні складала 100,9, а співвідношення сторін – 1,04. Що свідчить про те, що плоди вишні мають опуклу сферичну округлу форму. Співвідношення сторін і сферичність впливають на сипучість плодів.

В таблиці 2 наведено індекс лущення і індекс подовження (формула 8 і 9), який в середньому склав 0,95 і 0,97 відповідно. Даний показник має велике значення для підбору параметрів кістчочковибивної машини.

Об'єм плодів вишні (обраховували за формулами 15–17) еліпсоїдний та витягнутого і сплюсненого сфероїда становив 3961,04, 4036,77 і 4175,83 мм³. Отримані показники об'єму, площі, середніх діаметрів відіграють важливе значення при визначенні швидкості теплообміну в холодильнику, при сушінні сировини, оцінки щільності плодів при пакуванні та зберіганні продукції [18, 19].

На основі досліджень розроблено моделі регресії, які можна використовувати для моделювання плодів вишні: лінійна, квадратична та степенева (рис. 1).

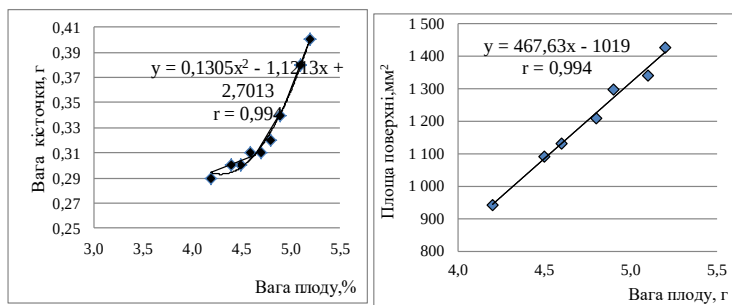


Рис. 1. Кореляційна залежність ваги плоду від ваги кісточки та площі поверхні плодів вишні

Висновки. Оцінено якісні показники плодів вишні різних сортів на основі фізичних характеристик плодів. Розроблено математичні моделі прогнозування якості плодів вишні за фізичними показниками.

Встановлено, що в середньому плоди вишні мають довжину і товщину 10 мм, ширину 20 мм. Вага плодів – 4,7 г. Середній діаметр плодів складав 19,5–19,6 мм. Середня проектована площа плодів 303,8–320,17 мм². Середня площа поверхні – 120,67 мм². Сферичність була рівна 100,9.

Співвідношення сторін – 1,04. Індекс лущення і подовження склав 0,95 і 0,97 відповідно. Об'єм плодів 4036 мм³.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Бублик М.О. Зональне районування вишні і сливи в Україні. *Сад, виноград і вино України*. 2002. №9. С. 20–24.
2. Шкіндер-Барміна А.М., Туровцева В.О., Туровцева Н.М. Перспективні сорти вишні інституту зрошувального садівництва імені М. Ф. Сидоренка. *Біологічний вісник Мелітопольського державного педагогічного університету імені Богдана Хмельницького*. 2011. № 3. С. 73–79.
3. Kasım R, Sülüsoğlu M, Ufuk Kasım M. Relationship between total anthocyanin level and colour of natural cherry laurel (*Prunus laurocerasus* L.) fruits. *African Journal of Plant Science*. 2011. № 5(5). P. 323–328.
4. Lakatos L., Szabó T., Szabó Z. & Soltész M., Nyéki J., Sun Z., Dussi M.. The influence of meteorological variables on sour cherry quality parameters. *Acta Horticulturae*. 2014. Vol. 1020. P.287–292. 10.17660/ActaHortic.2014.1020.41.
5. Yılmaz F.M., Görgüç A., Mehmet Karaaslan M., Vardin H., Bilek S.E., Uygun O., Cavit Bircan C. Sour cherry by-products: *Compositions, functional properties and recovery potentials critical reviews in food science and nutrition*. 2018.

6. Milošević T., Milošević N. Fruit quality attributes of sour cherry cultivars 2012. <http://dx.doi.org/10.5402/2012/593981>
7. Іванченко В.Й., Іванова І.Є. Вибір кращого для заморожування та тривалого зберігання сорту дюків з оптимальним комплексом параметрів органолептичних та фізико-хімічних показників плодів. *Виноградарство і виноробство*. 2009. Т. 39. С. 49–52.
8. Borowy A., Chrzanowska E., Kaplan M. Comparison of three sour cherry cultivars grown in central eastern Poland. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*. 2018. Vol.17(1). P. 63–73.
9. Kumari V., Yadav B. S. B., Yadav R., Nema P. K. Effect of osmotic agents and ultasonication on osmo-convective drying of sweet lime (Citrus limetta) peel. *Journal of Food Process Engineering*. 2020. Vol.43(4). P. 2–11.
10. Azman P. N. M. A., Shamsudin R., Che Man H., Ya acob, M. E. Some Physical Properties and Mass Modelling of Pepper Berries (Piper nigrum L.), Variety Kuching, at Different Maturity Levels. *Processes*. 2020. Vol.8(10). P. 1314.
11. Birania S., Attkan A. K., Kumar S., Kumar N., Singh V. K. Mass modeling of strawberry (Fragaria × Ananasa) based on selected physical attributes. *Journal of Food Process Engineering*. 2022. Vol.45(5). P.1–12.
12. Murakonda S., Patel G., Dwivedi M. Characterization of engineering properties and modeling mass and fruit fraction of wood apple (Limonia acidissima) fruit for post-harvest processing. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 2022. Vol.21(4). P. 267–277.
13. Методика проведення експертизи сортів рослин групи плодових, ягідних, горіхоплідних, субтропічних та винограду на придатність до поширення в Україні / За ред. Ткачик С. О. 2-ге вид., випр. і доп. Вінниця: ФОП Корзун Д. Ю., 2016. 850 с.
14. Abhishek K., Vinita R., Ravika R. Studies on Physical Changes in Fruit Development of Sweet Orange (Citrus sinensis (L.) Osbeck). *International Journal of Pure & Applied Bioscience*. 2017. Vol.5(1). P. 601–612.
15. Obrero G.O., Perea, C. A., Mancera A., Emigdio C., Ma V.-O., Gilberto L. C., Cynthia S. A. Physical characterization and mass modeling by geometrical attributes of black sapote (Diospyros nigra (J.F.Gmel.) Perr.). *Agrociencia*. 2024. P. 1-17.
16. Shamsudin, R., Che-Man H., Ariffin S. H., Mohd-Ghani S., Azmi N. Some Engineering Properties of Pineapple Fruit. *The Eurasia Proceedings of Science Technology Engineering and Mathematics*. 2023. Vol.23. P. 269-281.
17. Barbhuiya R. I., Nath D., Singh S. K., Dwivedi M. Mass Modeling of Indian Coffee Plum (Flacourtia Jangomas) Fruit with Its Physicochemical Properties. *International Journal of Fruit Science*. 2020. Vol.20(3). P. 1–24.
18. Васи́лишина О.В. Встановлення взаємозв'язку між фізико-хімічними показниками плодів вишні протягом зберігання методом кореляційних плеяд. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2020. №.2. С.72–78.
19. Васи́лишина О.В. Зміна фізичних показників плодів вишні залежно від обробки полісахаридними композиціями протягом зберігання. *Наукові доповіді НУБіП*. 2021. №1 (89). URL:<http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/14724>.

УДК 633.11:631.52:631.58

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.144.5>

ОПТИМІЗАЦІЯ УМОВ ОСВІТЛЕННЯ ТА ВИБІР СУБСТРАТУ ДЛЯ ЕФЕКТИВНОГО ВИРОЩУВАННЯ МІКРОЗЕЛЕНІ ГОРОХУ

Ваховська А.В. – д. філос., викладач кафедри біології,

Уманський національний університет

orcid.org/0009-0006-9940-7696

Парубок М.І. – к.б.н., доцент кафедри біології,

Уманський національний університет

orcid.org/0000-0002-7228-4669

У сучасних умовах, коли світ зіштовхується з проблемами нестачі якісного харчування та зміною клімату, вирощування мікрозелені стає ефективним рішенням для забезпечення населення корисними продуктами. Водночас, оптимізація технологій вирощування мікрозелені, зокрема підбору світлових режимів і субстратів, залишається актуальною.

У статті наведено результати досліджень впливу спектрального складу світлодіодного освітлення та типу субстрату на ріст, урожайність і біохімічний склад мікрозелені гороху в умовах контрольованого середовища. У межах дослідження було передбачено три експериментальних варіанти освітлення мікрозелені гороху з різним спектральним співвідношенням червоного і синього світлодіодного випромінювання: 80% : 20 %, 60% : 40% та 70% : 30%. Для вирощування рослин використовували три типи субстратів: торф, лляний килимок та мінеральну вату. Дослідження проводили упродовж 2024–2025 років в навчально-науковій лабораторії «Екологічного моніторингу в агросфері» кафедри біології Уманського національного університету. Результати показали, що оптимальним варіантом для вирощування мікрозелені гороху є поєднання лляного килимка як субстрату та освітлення з перевагою 80 % червоного та 20 % синього спектру. За таких умов максимальна висота рослин становила 9,6 см, маса однієї рослини – 2,8 г, урожайність – 1,2 кг/м². Також цей варіант забезпечив найвищий вміст хлорофілу – 2,6 мг/г, сухої речовини – 7,6 %, фенольних сполук – 17,0 мг ГАЕ/г, що свідчить про підвищену поживну цінність та функціональні властивості мікрозелені гороху. Менш ефективними виявився варіант за використання мінеральної вати, що пояснюється нижчими показниками росту і накопичення біологічно активних речовин.

Отже, лляний килимок забезпечує оптимальні умови вологості та аерації для розвитку кореневої системи мікрозелені гороху, що сприяє кращому засвоєнню поживних речовин і води. Використання LED-освітлення з регульованим спектром дозволяє стимулювати фотосинтез і синтез вторинних метаболітів, що позитивно впливає на якість мікрозелені. А також, позитивно відображається на харчовій цінності, антиоксидантних властивостях і загальній якості мікрозелені, роблячи її більш корисною та привабливою для споживачів.

Ключові слова: мікрозелень гороху, світлодіодне освітлення, субстрат, якість, урожайність, біохімічний склад.

Vakhovska A.V., Parubok M.I. Optimization of lighting regimes and substrate selection for enhanced growth of pea microgreens

In today's context, when the world faces the problems of lack of quality nutrition and climate change, cultivation of microgreens becomes an effective solution for providing the population with useful products. At the same time, the optimization of microgreens cultivation technologies, in particular the selection of light modes and substrates, remains relevant.

The article provides the results of studies of the impact of the spectral composition of LED-lighting and the type of substrate on growth, yield and biochemical composition of microgreen peas in a controlled environment. The study provided three experimental lighting variants of microgreens peas with different spectral ratio of red and blue LED radiation: 60 %: 40 %, 70 %: 30 % and 80 %: 20 %. Three types of substrates were used to grow plants: peat, linen mat and mineral wool. The research was conducted during 2024–2025 in the educational and scientific laboratory "Ecological monitoring in agrosphere" of the department of biology of Uman National University. The results have shown that the best option for growing microgreen

peas is a combination of linen rug as a substrate and light with an advantage of 80 % of red and 20 % of blue spectrum. Under these conditions, the maximum height of plants was 9,6 cm, the weight of one plant – 2,8 g, yield – 1,2 kg/m². This variant also provided the highest content of chlorophyll – 2,6 mg/g, dry matter – 7,6 %, phenolic compounds – 17,0 mg ha/g, which indicates high nutritional value and functional properties of microseed peas. Less effective was the use of mineral wool, which is explained by lower indicators of growth and accumulation of biologically active substances.

Therefore, the linen rug provides optimal humidity and aeration conditions for the development of the root system microgreen peas, which promotes better absorption of nutrients and water. Using LED-lighting with a regulated spectrum allows you to stimulate photosynthesis and synthesis of secondary metabolites, which has a positive effect on the quality of microgreens. Also, it is positively reflected in the nutritional value, antioxidant properties and the overall quality of microgreens, making it more useful and attractive to consumers.

Key words: pea microgreens, LED-lighting, substrate, quality, yield, biochemical composition.

Постановка проблеми. У сучасних умовах підвищеного попиту на екологічно чисті, поживні та функціональні продукти харчування мікрозелень посідає особливе місце завдяки високому вмісту біологічно активних речовин, швидкому циклу вирощування та можливості використання у контрольованих умовах. Серед широкого асортименту культур особливу увагу привертає мікрозелень гороху, яка характеризується високим вмістом легкозасвоюваного білка, антиоксидантів, вітамінів та мінеральних сполук. Короткий вегетаційний період, компактність виробництва та висока біомаса, яку можна отримати за короткий період, роблять мікрозелень гороху привабливою культурою для вирощування у міських умовах, зокрема в контрольованих середовищах: вертикальних фермах, контейнерних установках, теплицях з LED-освітленням.

Разом із тим, ефективність вирощування мікрозелені значною мірою залежить від сукупності технологічних факторів, серед яких вирішальну роль відіграють джерела освітлення, типи субстратів, режими зрошення, температура, вологість та інші показники. LED-освітлення, завдяки своїй енергоефективності та можливості регулювання спектру й інтенсивності світла, є одним з ключових інструментів у вирощуванні рослин у закритих системах. Однак оптимальні параметри освітлення для максимальної продуктивності мікрозелені гороху все ще потребують уточнення, зважаючи на значну чутливість рослин до змін світлового режиму. Крім того, на ріст і якість мікрозелені суттєво впливають властивості субстрату, а також спосіб зрошення, який забезпечує необхідний рівень вологості без дефіциту кисню для кореневої системи.

Особливу увагу слід приділяти також властивостям субстрату, який суттєво впливає на розвиток кореневої системи, поглинання води та засвоєння поживних речовин, а також загальну якість рослинної біомаси. Субстрат з гарною водоутримуючою здатністю, аерацією, нейтральним рН середовищем, достатнім вмістом органічних речовин, позитивно впливає на швидкість росту та стійкість мікрозелені до стресових умов. Крім того, спосіб зрошення має бути оптимізований для підтримки необхідного рівня вологості субстрату без дефіциту кисню для кореневої системи, що є критичним для здорового розвитку рослин.

Таким чином, комплексна оптимізація умов освітлення та вибору субстрату є надзвичайно важливою для підвищення ефективності вирощування мікрозелені гороху в контрольованих умовах, що відкриває перспективи для її широкого використання в агропромисловому секторі та міському фермерстві.

Аналіз останніх досліджень. Вирощування сільськогосподарських культур у контрольованих умовах дедалі частіше використовується для виробництва листових овочевих культур, зокрема мікрозелені, оскільки забезпечує виробникам

максимальний контроль над факторами росту з метою оптимізації смакових якостей, морфологічних характеристик та отримання високого врожаю впродовж усього року [1].

Контрольоване середовище вирощування передбачає застосування штучного освітлення, що є одним із ключових чинників у формуванні росту рослин. Одним із провідних параметрів є інтенсивність світла, яка суттєво впливає на ріст, морфогенез та біосинтез фітохімічних речовин у рослинах [2]. За допомогою регульованого штучного освітлення можливо точно контролювати інтенсивність світлового потоку, що впливає на морфофізіологічні процеси рослин, забезпечуючи високу якість продукції.

Згідно з літературними джерелами, в умовах виробництва мікрозелені зазвичай застосовують інтенсивність світла в межах $100\text{--}300\text{ мкмоль}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$ фотонного потоку фотосинтетично активного світла (PPFD) [3]. Умовно низький рівень інтенсивності світла становить $100\text{--}140\text{ мкмоль}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$, середній – $140\text{--}200\text{ мкмоль}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$, а високий – понад $200\text{ мкмоль}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$ [4].

Дослідження показують, що збільшення інтенсивності освітлення, як правило, позитивно корелює з біомасою рослин: підвищується як свіжа, так і суха маса рослин, водночас спостерігається зменшення довжини гіпокотилу [5, 6]. Використання низької інтенсивності світла дозволяє зменшити витрати електроенергії при культивуванні, особливо у закритих агросистемах. Завдяки можливості регулювання яскравості світлодіодних ламп, рівень енергоспоживання може бути знижений без повної втрати продуктивності [3].

Водночас варто враховувати, що інтенсивність світла безпосередньо впливає на інтенсивність фотосинтезу, темпи росту рослин, а також на синтез вторинних метаболітів, зокрема антиоксидантів та інших біологічно активних сполук [7, 8]. Надмірне зниження освітлення може призвести до уповільнення росту та зниження якісних характеристик мікрозелені, включаючи концентрацію цінних фітохімічних компонентів [5].

Вибір субстрату є не менше важливим чинником, що впливає на успішність процесу вирощування мікрозелені. Для мікрозелені субстрат повинен мати високу водоутримуючу здатність, добру аерацію, стабільну температуру та нейтральний або слабокислий рН, що в свою чергу впливає на швидкість проростання насіння, розвиток кореня та загальний об'єм біомаси [9].

Наукові дослідження свідчать, що кокосове волокно забезпечує високу врожайність і стабільний рівень вологості, однак потребує промивання через можливу солоність. Торф із вермікулітом має схожі властивості, проте менш стабільний за вологістю. Джгутові та льняні мати відзначаються екологічністю та низьким вмістом нітратів у рослинній масі. Гідрогель забезпечує сталу вологість, що особливо корисно в умовах домашнього вирощування, хоча й може уповільнювати проростання через обмежену аерацію [10].

Крім фізіологічного впливу, субстрат також впливає на якість мікрозелені. Зокрема, кокос стимулює утворення аскорбінової кислоти, торф – підвищення фенольних сполук, а джгут – зменшення нітратів та збагачення на антоціани. Що свідчить про здатність певних субстратів не лише підтримувати ріст, а й покращувати харчову цінність рослин [11, 12].

Таким чином, вибір субстрату є важливим фактором у вирощуванні мікрозелені. Найкращими з точки зору врожайності та якості продукту є кокосові субстрати, торф'яні суміші та натуральні мати з джуту або льону. Їхні властивості забезпечують як швидкий ріст, так і високий вміст біологічно активних речовин у мікрозелені.

Метою досліджень є вплив LED-освітлення різного світлового спектру, а також виду субстрату на ріст, розвиток і якісні показники мікрозелені гороху в умовах контрольованого середовища.

Матеріали і методи досліджень. Дослідження проводились упродовж 2024–2025 років в навчально-науковій лабораторії «Екологічного моніторингу в агросфері» кафедри біології Уманського національного університету. Вегетаційні досліді здійснювали в умовах контрольованого мікроклімату, із застосуванням штучного освітлення для подовження світлового дня до 17 годин. Світловий режим забезпечували за допомогою світлодіодного фітосвітильника Ledmax T8-2835-06FS. У межах дослідження було передбачено три експериментальних варіанти освітлення мікрозелені гороху з різним спектральним співвідношенням червоного і синього світлодіодного випромінювання: 60% : 40%, 70% : 30% та 80% : 20 %. Для вирощування рослин використовували три типи субстратів: мінеральну вату, лляний килимок та торф. Рослини досліджували впродовж ранкових і вечірніх годин, з метою аналізу змін у рості та розвитку під впливом зазначених умов освітлення та субстрату.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження впливу спектрального складу світла та типу субстрату на біометричні показники проростків мікрозелені гороху свідчать про виражену залежність ростових процесів від умов вирощування. Висота рослин та площа листків, як основний показник вегетативного розвитку на ранніх етапах, змінювалася під дією обох факторів. За контрольних умов середня висота рослин становила $8,9 \pm 0,5$ см, а площа листків $-2,6 \pm 0,1$ см². Зміна спектрального складу світла на користь збільшення частки червоного (70% : 30% та 80% : 20%) не призвела до суттєвого збільшення висоти проростків на мінеральній ваті: за 70% : 30% висота навіть зменшилася на 2,2%, а при 80% : 20% зросла всього на 1,1%. Проте площа листків при цьому зросла на 15,4% порівняно з контролем, що вказує на ефективну дію збільшення червоного світла на розвиток листового апарату (табл. 1).

Таблиця 1

Вплив спектрального складу світла та субстрату на біометричні показники проростків мікрозелені гороху (середнє за 2024–2025 рр.)

Субстрат (фактор А)	Спектр (фактор В)	Висота рослин		Площа листків	
		см ($\bar{x} \pm SD$)	$\pm$ до контролю, %	см ² ($\bar{x} \pm SD$)	$\pm$ до контролю, %
Мінеральна вата (контроль)	60% : 40% (контроль)	$8,9 \pm 0,5$	0	$2,6 \pm 0,1$	0
	70% : 30%	$8,7 \pm 0,3$	-2,2	$3,0 \pm 0,2$	+15,4
	80% : 20%	$9,0 \pm 0,4$	+1,1	$3,0 \pm 0,2$	+15,4
Лляний килимок	60% : 40%	$8,7 \pm 0,3$	-2,2	$2,8 \pm 0,1$	+7,7
	70% : 30%	$9,1 \pm 0,4$	+2,2	$3,0 \pm 0,2$	+15,4
	80% : 20%	$9,6 \pm 0,6$	+7,9	$3,3 \pm 0,2$	+26,9
Торф	60% : 40%	$8,6 \pm 0,4$	-3,4	$2,7 \pm 0,1$	+3,8
	70% : 30%	$8,7 \pm 0,3$	-2,2	$2,9 \pm 0,1$	+11,5
	80% : 20%	$9,4 \pm 0,5$	+5,6	$3,1 \pm 0,2$	+19,2
CV, %		4,8	-	5,2	-

Використання лляного килимка як субстрату сприяло збільшенню як висоти, так і площі листків рослин. Так, при спектрі 60 % : 40 % висота становила

8,7 ± 0,3 см (на 2,2 % менше за контроль), але площа листків збільшилася на 7,7%. Збільшення частки червоного світла до 80 % : 20 % стимулювало ріст рослин до 9,6 ± 0,6 см (+7,9 %) та площу листків до 3,3 ± 0,2 см² (+26,9 %), що є найвищими показниками серед усіх варіантів досліду.

За використання торфу спостерігалася подібне зростання показників, хоч і дещо нижче, ніж на лляному килимку. Висота рослин при спектрі 80 % : 20 % досягала 9,4 ± 0,5 см (+5,6 %), а площа листків – 3,1 ± 0,2 см² (+19,2 %).

Отже, найкращі умови для формування біометричних показників мікрозелені гороху спостерігалися при поєднанні лляного килимка як субстрату з співвідношенням спектру світла 80 % : 20 %, що сприяло одночасному збільшенню висоти рослин та розвитку листової поверхні.

Під час вирощування мікрозелені ключовими показниками її продуктивності є маса рослин та загальна урожайність з одиниці площі. Зазначені показники відображають не лише ефективність фотосинтетичних процесів, а й здатність субстрату забезпечувати оптимальні умови для росту та розвитку рослин. Оскільки мікрозелень має короткий вегетаційний період, навіть незначні зміни в умовах вирощування можуть суттєво впливати на кінцеві показники врожайності. У даному дослідженні було проаналізовано взаємозв'язок між типом субстрату, спектральним співвідношенням червоного та синього світла, масою мікрозелені гороху та її урожайністю.

Результати показали, що використання лляного килимка як субстрату сприяло найбільшому приросту маси рослин та урожайності порівняно з контролем на мінеральній ваті при базовому спектрі 60% червоного і 40% синього світла. Зокрема, маса рослин на лляному килимку становила 2,35 ± 0,10 г, що на 11,9% перевищувало контрольний показник (2,10 ± 0,15 г). Урожайність при цьому досягала 1,17 ± 0,30 кг/м², що на 8,3% вище за контроль (1,08 ± 0,40 кг/м²).

Збільшення інтенсивності червоного світла до 80% на всіх трьох субстратах сприяло значному зростанню показників продуктивності. Найкращі результати були отримані для лляного килимка при співвідношенні світла 80 % : 20 %, де маса рослин зросла на 33,3% (2,80 ± 0,14 г), а урожайність – на 20,4% (1,30 ± 0,28 кг/м²) порівняно з контролем.

Вирощування мікрозелені гороху на торфі та при світловому спектрі 80 % : 20 % також показало позитивний результат у порівнянні з контролем, маса рослин підвищувалась до 2,65 ± 0,13 г (+26,2%) та урожайності до 1,27 ± 0,36 кг/м² (+17,6%). Мінімальні прирости були характерні для мінеральної вати, де максимальні значення становили 2,40 ± 0,10 г (+14,3%) за масою та 1,18 ± 0,30 кг/м² (+9,3%) за урожайністю.

Таким чином, результати досліджень свідчать про значну роль як субстрату, так і спектрального складу світла у формуванні продуктивності мікрозелені гороху, причому лляний килимок у поєднанні з підвищеною часткою червоного світла є оптимальним варіантом для підвищення маси рослин та урожайності (табл. 2).

Одним із важливих показників якості мікрозелені є її біохімічний склад, зокрема вміст сухої речовини, фотосинтетичних пігментів та біологічно активних сполук, таких як феноли. Такі компоненти не лише визначають поживну цінність мікрозелені, але й виступають показниками фізіологічного стану рослин у відповідь на дію зовнішніх факторів. Здатність рослин синтезувати та акумулювати вторинні метаболіти залежить від умов вирощування, зокрема спектрального складу світла та типу субстрату.

Таблиця 2

Вплив спектрального складу світла та субстрату на масу та урожайність мікрозелені гороху (середнє за 2024–2025 рр.)

Субстрат (фактор А)	Спектр (фактор В)	Маса рослин		Урожайність	
		г ($\bar{x} \pm SD$)	$\pm$ до контролю, %	кг/м ² ($\bar{x} \pm SD$)	$\pm$ до контролю, %
Мінеральна вата (контроль)	60% : 40% (контроль)	2,10 $\pm$ 0,15	0	1,08 $\pm$ 0,4	0
	70% : 30%	2,20 $\pm$ 0,12	+4,8	1,11 $\pm$ 0,30	+2,8
	80% : 20%	2,40 $\pm$ 0,10	+14,3	1,18 $\pm$ 0,30	+9,3
Лляний килимok	60% : 40%	2,35 $\pm$ 0,10	+11,9	1,17 $\pm$ 0,30	+8,3
	70% : 30%	2,55 $\pm$ 0,12	+21,4	1,24 $\pm$ 0,33	+14,8
	80% : 20%	2,80 $\pm$ 0,14	+33,3	1,30 $\pm$ 0,28	+20,4
Торф	60% : 40%	2,30 $\pm$ 0,10	+9,5	1,15 $\pm$ 0,29	+6,5
	70% : 30%	2,40 $\pm$ 0,11	+14,3	1,20 $\pm$ 0,32	+11,1
	80% : 20%	2,65 $\pm$ 0,13	+26,2	1,27 $\pm$ 0,36	+17,6
CV, %		5,6	-	4,2	-

Згідно з отриманих даних, підвищення інтенсивності червоного світла до 80% сприяло поступовому збільшенню вмісту біологічно активних речовин. Так, на мінеральній ваті вміст сухої речовини зростає до $7,0 \pm 0,3$ %, хлорофілу – $2,1 \pm 0,2$ мг/г, а фенольних сполук – $14,0 \pm 0,9$ мг ГАЕ/г (табл. 3).

Таблиця 3

Біохімічні показники мікрозелені гороху залежно від типу субстрату та спектрального складу світла (середнє за 2024–2025 рр.)

Субстрат (фактор А)	Спектр (фактор В)	Суша речовина, %	Вміст хлорофілу, мг/г	Фенольні сполуки, мг ГАЕ/г
Мінеральна вата (контроль)	60% : 40% (контроль)	6,5 $\pm$ 0,3	1,8 $\pm$ 0,1	12,0 $\pm$ 0,8
	70% : 30%	6,8 $\pm$ 0,2	2,0 $\pm$ 0,1	13,2 $\pm$ 0,7
	80% : 20%	7,0 $\pm$ 0,3	2,1 $\pm$ 0,2	14,0 $\pm$ 0,9
Лляний килимок	60% : 40%	6,9 $\pm$ 0,3	2,2 $\pm$ 0,2	14,5 $\pm$ 1,0
	70% : 30%	7,2 $\pm$ 0,3	2,4 $\pm$ 0,1	15,8 $\pm$ 1,1
	80% : 20%	7,6 $\pm$ 0,4	2,6 $\pm$ 0,2	17,0 $\pm$ 1,2
Торф	60% : 40%	6,7 $\pm$ 0,3	2,0 $\pm$ 0,1	13,5 $\pm$ 0,9
	70% : 30%	7,0 $\pm$ 0,3	2,2 $\pm$ 0,2	14,7 $\pm$ 1,0
	80% : 20%	7,4 $\pm$ 0,3	2,4 $\pm$ 0,2	16,0 $\pm$ 1,1
CV, %		4,5	5,0	6,0

Використання лляного килимка як субстрату забезпечило найвищі значення біохімічних показників порівняно з іншими варіантами. Збільшення частки червоного світла до 80% забезпечило максимальні значення і вміст сухої речовини склав $7,6 \pm 0,4$ %, хлорофілу – $2,6 \pm 0,2$ мг/г, фенольних сполук – $17,0 \pm 1,2$ мг ГАЕ/г.

За використання торфу спостерігалися проміжні результати між мінеральною ватою та лляним килимком. При спектрі 80% : 20% вміст сухої речовини становив $7,4 \pm 0,3$ %, хлорофілу – $2,4 \pm 0,2$ мг/г, фенольних сполук – $16,0 \pm 1,1$ мг ГАЕ/г.

Отже, дані свідчать, що підвищення частки червоного світла у спектрі 80 % : 20 % і використання органічних субстратів, особливо лляного килимка, позитивно впливають на накопичення сухої речовини, хлорофілу та фенольних сполук у мікрозелені гороху, що покращує її якість та біологічну цінність.

Висновки і пропозиції. На підставі отриманих результатів для вирощування мікрозелені гороху доцільне використання лляного килимка як субстрату та світлового режиму з перевагою червоного спектру (80 % : 20 %). Оскільки саме за таких умов формуються найвищі показники, зокрема: висота рослин сягає 9,6 см, маса однієї рослини – 2,8 г, а урожайність – 1,2 кг/м². Крім того, такий варіант також забезпечить покращення біохімічних характеристик: вмісту хлорофілу – 2,6 мг/г, сухої речовини – 7,6 % та фенольних сполук – 17,0 мг ГАЕ/г. Отже, рекомендуємо впровадження цієї моделі вирощування у виробництво як ефективного рішення для отримання якісної та поживної мікрозелені гороху.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Despommier D. Farming up the city: The rise of urban vertical farms. *Trends Biotechnol.* 2013. 31. 388–389. <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2013.03.008>.
2. Pescarini H. B., Goncalves da Silva V., Mello S. da C., Purquerio L. F. V., Sala F. C., Cesar T. Q. Z. Updates on Microgreens Grown under Artificial Lighting: Scientific Advances in the Last Two Decades. *Horticulturae.* 2023. 9(8). 864. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9080864>.
3. Gao M., He R., Shi R., Zhang Y., Song S., Su W., Liu H. Differential effects of low light intensity on broccoli microgreens growth and phytochemicals. *Agronomy.* 2021. 11. 537. <https://doi.org/10.3390/agronomy11030537>.
4. Appolloni E., Pennisi G., Zaul I., Carotti L., Paucek I., Quaini S., Orsinia F., Gianquinto G. Beyond vegetables: effects of indoor LED light on specialized metabolite biosynthesis in medicinal and aromatic plants, edible flowers, and microgreens. *Journal of the Science of Food and Agriculture.* 2021. 102. 472–487. <https://doi.org/10.1002/jsfa.11513>.
5. Samuoliene G., Brazaityte A., Jankauskiene J., Virsile A., Sirtautas R., Novickovas A., Sakalauskiene S., Sakalauskaite J., Duchovskis P. LED irradiance level affects growth and nutritional quality of Brassica microgreens. *Central European Journal of Biology.* 2013. 8. 1241–1249. <https://doi.org/10.2478/s11535-013-0246-1>.
6. Gerovac J.R., Craver J.K., Boldt J.K., Lopez R.G. Light intensity and quality from sole-source light-emitting diodes impact growth, morphology, and nutrient content of Brassica microgreens. *HortScience.* 2016. 51. 497–503. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.51.5.497>.
7. Ilieva I., Ivanova T., Naydeno Y., Dandolov I., Stefanov D. Plant experiments with light-emitting diode module in Svet space greenhouse. *Advances in Space Research.* 2010. 46. 840–845. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2010.05.009>.
8. Brazaityte A., Sakalauskien S., Samuolien G., Jankauskien J., Virsil A., Novickovas A., Sirtautas R., Miliauskien J., Vastakaite V., Dabasinskas L. et al. The effects of LED illumination spectra and intensity on carotenoid content in Brassicaceae microgreens. *Food Chemistry.* 2015. 173. 600–606. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.10.077>.
9. Di Gioia F., De Bellis P., Mininni C., Santamaria P., Serio F. Physicochemical, agronomical and microbiological evaluation of alternative growing media for the production of rapini (Brassica Rapa L.) microgreens. *Journal of the Science of Food and Agriculture.* 2016. 97. 1212–1219. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7852>.
10. Bulgari R., Negri M., Santoro P., Ferrante A. Quality Evaluation of Indoor-Grown Microgreens Cultivated on Three Different Substrates. *Horticulturae.* 2021 7(5) 96. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7050096>.
11. Marta A. E., Stoica F., Ostaci S., Jitareanu C. D. The antioxidant profile of some species of microgreens cultivated on hemp and coconut substrate under the action of a biostimulator based on humic acids. *Horticulturae.* 2024. 10 (12). 1238. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10121238>.
12. Lone J. K., Pandey R., Gayacharan. Corrigendum to “microgreens on the rise: Expanding our horizons from farm to fork”. *Heliyon.* 2024. 10 (4). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e25870>.

УДК 631.862.1

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.144.6>

ЕКСПЕРТИЗА, СЕРТИФІКАЦІЯ ТА ЕКОКОНТРОЛЬ ХМЕЛЯРСТВА ЯК СКЛADOVA АГРОНОМІЧНОЇ ОСВІТИ

Венгер О.В. — к.с.—г.н.,

п.н.с. відділу селекції та інноваційних технологій хмелю,

Інститут сільського господарства Полісся

Національної академії аграрних наук України

orcid.org/0000-0002-2213-4670

Ключевич М.М. — д.с.—г.н.,

професор кафедри здоров'я природи та якості харчових ресурсів,

Державний університет «Житомирська політехніка»

orcid.org/0000-0003-2711-2566

Федорчук Н.А. — н.с. відділу селекції та інноваційних технологій хмелю,

Інститут сільського господарства Полісся

Національної академії аграрних наук України

orcid.org/0009-0006-2324-1239

Можарівська І.А. — к.с.—г.н.,

доцент кафедри здоров'я природи та якості харчових ресурсів,

Державний університет «Житомирська політехніка»

orcid.org/0000-0003-0564-4457

Кравченко Н.В. — д.с.—г.н.,

професор кафедри здоров'я природи та якості харчових ресурсів,

Державний університет «Житомирська політехніка»

orcid.org/0000-0001-6072-2652

Екологічну сертифікацію в Україні проводять в господарствах, що використовують екологічно шкідливі технології. Вирощування хмелю потребує до 9 обробок хмеленасаджень упродовж вегетаційного періоду для контролю шкідливих організмів і отримання запланованого врожаю належної якості. Враховуючи, що рослини хмелю вирощуються на одному місці 15-25 років, агроценоз хмеленасаджень може значно забруднюватись пестицидами та агрохімікатами що накопичуються і мають негативні наслідки для довкілля. Тому екологічний менеджмент є ключовим компонентом стратегії основних хмелегосподарств [1].

Метою публікації є висвітлення концепції екоконтролю як основного елементу екологічного управління хмелегосподарствами та результат його застосування. Екологічний контроль заснований на екологічних складових виробничої діяльності. Він необхідний для оптимізації використання природних ресурсів та зменшення впливу на агроценоз. У статті висвітлено, як екоконтроль сприяє хмелевиробникам досягнути екологічних цілей, враховуючи різні системи менеджменту і методи оцінки екологічних показників. ISO 14000, стандарт для систем екологічного менеджменту, є основою управління агроценозу.

Прагнення до сталого розвитку, яке поєднує економічні та екологічні потреби, є основою стратегій на майбутнє [3]. Ці напрямки спрямовані на зменшення негативного впливу на довкілля та здобуття репутації серед партнерів, споживачів та інвесторів [4]. Автори вказують, як екологічний контроль впливає на процеси управління і звітування зі сталого розвитку дотримуючись стандарту, використовуючи індикатори для впровадження ефективних природоохоронних заходів. Отже, ця стаття може стати в нагоді як науковцям, так і практикам. Все це для того, щоб краще зрозуміти і використовувати екоконтроль для досягнення цілей екологічного менеджменту.

Ключові слова: сертифікація, експертиза, екоконтроль, агрономічна освіта, наукові комунікації, органічне хмелярство, харчові фітореурси, методика досліджень.

Venher O.V., Kliuchevych M.M., Fedorchuk N.A., Mozharivska I.A. Kravchenko N.V. Expertise, certification and environmental control of hop growing as a component of agronomic education

In Ukraine, environmental certification is carried out on farms that use environmentally harmful technologies. Growing hops requires up to 9 treatments of hop plantations during the growing season to control pests and obtain the planned harvest of proper quality. Considering that hop plants are grown in one place for 15-25 years, the agroecosystem of hop plantations can be significantly contaminated by pesticides and agrochemicals that accumulate and have negative consequences for the environment. Therefore, environmental management is a key component of the strategy of major hop farms [1].

The purpose of the publication is to highlight the concept of ecocontrol as the main element of environmental management of hop farms and the results of its application. Environmental control is based on the environmental components of production activities. It is necessary to optimize the use of natural resources and reduce the impact on agroecosystem. The article highlights how environmental control helps hop growers achieve their environmental goals, taking into account different management systems and methods of assessing environmental performance. ISO 14000, the standard for environmental management systems, is the basis for agroecosystem management. The pursuit of sustainable development, which combines economic and environmental needs, is the basis of strategies for the future [3]. These areas are aimed at reducing negative environmental impacts and gaining reputation among partners, consumers, and investors [4].

The authors indicate how environmental control affects the processes of managing and reporting on sustainable development in compliance with the standard, using indicators to implement effective environmental measures. Thus, this article can be useful for both academics and practitioners. All this is to better understand and use environmental control to achieve the goals of environmental management.

Key words: certification, expertise, ecological control, agronomic education, scientific communications, hop growing, food phytoresources, research methods.

Постановка проблеми. Глобальні екологічні виклики, такі як зміна кліматичних чинників, деградація природних ресурсів, забруднення спричиненні війною, вимагають від хмелевиробників знаходити баланс між отриманням прибутку та майбутнім екосистеми [2]. Прагнення до сталого розвитку, яке поєднує економічні й екологічні вимоги, є основою їхніх стратегій на майбутнє [3]. Ці напрямки направлені на зменшення негативного впливу на довкілля та набуття репутації серед партнерів, споживачів та інвесторів [2].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Дослідження засвідчують, що вирощування хмелю вимагає проведення до дев'яти обробок хмеленасаджень протягом вегетаційного періоду з метою контролю шкідливих організмів та забезпечення отримання запланованого врожаю належної якості. Оскільки рослини хмелю вирощуються на одному місці протягом 15-25 років, агроценоз хмеленасаджень може зазнавати значного забруднення пестицидами та агрохімікатами, які накопичуються і мають негативні наслідки для навколишнього середовища. Дослідженнями займалися численні вітчизняні та закордонні науковці. Тому, наразі важливим і перспективним є екологічний менеджмент як ключовий компонент стратегії провідних хмелегосподарств [1].

Мета досліджень. Мета даної публікації – висвітлити важливість екоконтролю як основу ефективності екологічного менеджменту в хмелегосподарствах. Стаття показує аналіз того, як хмелегосподарства досягають своїх екологічних цілей завдяки екоконтролю, використовуючи різні системи екологічного менеджменту та методи оцінки екологічних показників. Досліджено, як екоконтроль може підвищити ефективність підприємств за допомогою відповідних визначень, інструментів і практик. Також підкреслюється важливість екоконтролю в процесах звітності зі сталого розвитку, у контексті прозорості та екологічної відповідальності організацій щоб показати, як він може стати ключовим інструментом у прагненні виробників до сталого розвитку та покращення їхніх екологічних показників.

Матеріали та методи досліджень. Методологічний підхід цієї статті є насамперед концептуальним і ґрунтується на огляді існуючої літератури, нормативної документації та практик у сфері екологічного менеджменту та екоконтролю. Таким чином, ця стаття має на меті надати оригінальні ідеї та практичні рекомендації як науковцям, так і практикам, поглиблюючи розуміння та застосування екоконтролю для досягнення цілей екологічного менеджменту.

Виклад основного матеріалу. Постійно зростає кількість нормативних актів і законів, пов'язаних із захистом довкілля, що потребує від виробників асимілюватися до нових стандартів [5]. Поряд з правовим регулюванням велике значення має екологічна свідомість суспільства, вимоги ринку та соціальний тиск [6]. Ці фактори змушують виробників хмелепродукції звертатись до науковців для пошуку екологічних рішень. В такому аспекті екоконтроль є основним інструментом, який дозволяє виробникам ефективно управляти своєю екологічною діяльністю. Застосовуючи екоконтроль хмелевиробники відповідатимуть вимогам законодавства та ринку [7]. Екоконтроль починається з фітосанітарного моніторингу та оцінки впроваджених елементів природоохоронних технологій, що дають змогу оптимізувати затрати і підвищити конкурентоспроможність на ринку [8].

Оцінка природоохоронної діяльності хмелегосподарств в екологічній сфері. Система стандартів ISO 14000 орієнтована не на кількісні параметри (обсяг викидів, концентрації речовин тощо) і не на технології (вимога використовувати або не використовувати певні технології, вимога використовувати «найкращу доступну технологію»). Рішення про розробку ISO 14000 є результатом Уругвайського раунду переговорів по Всесвітній торговельній угоді і зустрічі на вищому рівні в Ріо-де-Жанейро в 1992 році з довкілля і розвитку.

ISO 14000, міжнародний стандарт для систем екологічного менеджменту (CEM), відіграє ключову роль у глобальному впровадженні екологічного менеджменту та сталого розвитку [9; 10]. Чинна версія стандарту, ISO 14001:2015, є поправкою до попередніх версій – ISO 14001:2004 та ISO 14001:1996. Цей міжнародний стандарт був вперше виданий у вересні 1996 року і швидко прийнятий Європейським комітетом зі стандартизації (CEN) [10]. Характер стандартів обумовлений тим, що ISO 14000 як міжнародні стандарти не повинні втручатися у сферу дій національних нормативів. З іншого боку, попередником ISO є «організаційні» підходи до якості продукції (наприклад, концепція «загального управління якістю»), згідно з якими, ключем до досягнення якості є побудова належної організаційної структури і розподіл відповідальності за якість продукції і послуг. ISO 14001:2015 наразі є міжнародним стандартом, впровадження якого може продемонструвати ефективний екологічний менеджмент [11; 12]. Цей стандарт забезпечує основу, за допомогою якої організації можуть ефективно управляти своїми екологічними аспектами, зменшувати вплив на навколишнє середовище та постійно покращувати свої екологічні показники.

Міжнародна організація зі стандартизації (ISO), розробляючи оновлений стандарт ISO 14001:2015, поставила перед собою низку ключових цілей, спрямованих на модернізацію та посилення ролі екологічного менеджменту в організаціях. Ці цілі включають підвищення ролі екологічного менеджменту в стратегічному управлінні організацією та інтеграцію екологічного менеджменту в бізнес-процеси. Також робиться акцент на ризик-орієнтованому підході, внутрішній і зовнішній комунікації як способі побудови довіри до організацій і систем, а також на врахуванні всього життєвого циклу продукції в екологічному менеджменті [10].

Особливо важливим аспектом поправки є акцент на ролі системного оцінювання через використання індикаторів як доказів впровадження ефективних

природоохоронних заходів [13; 14]. У цьому контексті особливого значення набуває екоконтроль як інструмент, що дозволяє не лише точно відстежувати та оцінювати вплив діяльності організації на довкілля, а й демонструвати результативність та ефективність природоохоронної діяльності. Екоконтроль, завдяки своїм методам та інструментам, дозволяє організаціям ефективно управляти своїм впливом на навколишнє середовище, визначати області для поліпшення і демонструвати досягнутий прогрес за допомогою надійних, вимірюваних показників. Таким чином стандарт ISO 14001:2015 в поєднанні з екоконтролем може створити відмінне поліпшення ефективності та екологічного менеджменту в господарстві, яке не тільки відповідає міжнародним стандартам, але і підвищенню екологічної відповідальності та сталого розвитку господарства.

За аналогічним принципом нормуються вимоги до контролю, якості та безпеки продукції у вітчизняному нормативному полі. Основними документами, що формують зазначені вимоги є національні стандарти України (ДСТУ). Зазначені нормативні документи окрім технологічно-виробничих аспектів, регламентують відповідність їх належної розробки, формування та погодження. Це стосується вимог при проведенні робіт з національної стандартизації, правил розроблення, викладання та оформлення національних нормативних документів, правил та методів прийняття міжнародних і регіональних нормативних документів та інших сучасних нормативних вимог. Основними національними стандартами, що відповідають за вищезазначене є: ДСТУ 1.2:2015, ДСТУ 1.5:2015, ДСТУ 1.7:2015, ДСТУ 1.8:2015 [15-18].

По вищезазначених основних питання НОС в окремих випадках дозволяє формувати вітчизняне нормативне законодавство методом «обкладинки» – імплементувати весь спектр вимог, що регламентуються міжнародними нормативними документами (стандартами, регламентами, постановами тощо), але під «обкладинкою» вітчизняної продукції. НОС також сприяє гармонізації окремих розділів, етапів, напрямків для подальшого об'єднання їх з вимогами Українського законодавства. В більшості випадків це відбувається в разі наявності частки спільних показників чи вимог, які потребують лише окремих позицій для опрацювання та гармонізації. Отже, креативним підходом до міжнародних принципів забезпечення якості та безпеки продукції, що гарантує істотно однорідне застосування вимог до продуктів агропромислового виробництва та сприяє організації спільних сільськогосподарських ринків є створення міжнародної системи управління якістю, яка є єдиними базисом для всіх учасників експортно-імпорتنих операцій.

Екоконтроль – визначення цілі, інструменти. Екоконтроль – це більше широке застосування контролю, що зосереджене на екологічних складових господарства. Його здійснюють на всіх етапах управління – починаючи з визначення екологічних цілей, планування, впровадження до моніторингу та перевірки [19]. Це проводиться для оптимізації використання природних ресурсів та зменшення негативного впливу на довкілля. Г. Борис (2001) виділяє екологічний контроль як постійну системну підтримку екологічного менеджменту в господарстві, яка включає [20]:

- формування екологічних цілей господарства та визначення екологічної політики;
 - складання плану та здійснення контролю засобів та енергії а також викидів в атмосферу, відходами, стічними водами, спричинених господарствами;
 - заохочувати працівників до досягнення своїх екологічних цілей;
 - збір та обробка екологічної інформації, звітування.
-

О. Г. Лановенко (2013) визнає, що екологічний контроль можна порівняти з інструментом екологічного, енвайронментального менеджменту, який є частиною загальної системи управління довкіллям (*система екологічного менеджменту*) – частина загальної системи управління, що включає організаційну структуру, діяльність із планування, обов'язки, відповідальність, досвід, методи, методики, процеси і ресурси для розробки, здійснення й аналізу екологічної політики [20; 21]. Екоконтроль також розглядається як підсистема управління господарством, що постійно координує планування, контроль та інформаційне забезпечення охорони довкілля. Він також підтримує коригування та координацію всієї системи, модерує, формулює, впроваджує, накладає, виконує та контролює екологічні цілі.

Хоча впровадження екологічного контролю не обов'язкове, більшість хмелегосподарств його впроваджують, переконавшись у важливості. В основному завдяки зростаючій екологічній свідомості виробників і менеджерів, що підштовхує підприємства більше турбуватись про довкілля. Також, курс України на Європейський союз спонукає до посилення вимог екологічного законодавства, що створює для виробників нові виклики, які вони повинні вирішувати, щоб відповідати нормам [13]. Світові досягнення в екологічній інженерії також дають можливість управляти довкіллям й сприяють поширенню екоконтролю, який підтримує впровадження сталого розвитку, поєднуючи екологічні цілі з господарською діяльністю. В результаті, господарства можуть зменшити негативний вплив на навколишнє середовище й оптимізувати свої екологічні показники, що надає довгострокові переваги.

Завдання екологічного контролю є багатоцільовими і направлені на дотримання діяльності господарства екологічним стандартам та екологічним зобов'язанням. На початку необхідно встановити мету й стратегію господарства відповідно до екологічних вимог. Далі перевірити відповідність напрямку розвитку підприємства її екологічній політиці. Для цього необхідно розробити процедуру оцінки ефективності діяльності для досягнення екологічних цілей [21]. Екологічний контроль показує, як впливають дії виробників на повітря, ґрунт і воду, і направлений на зменшення їх негативного впливу на здоров'я та направлений на безпеку людей. Для цього необхідно ідентифікувати та оцінювати зони ризику можливих відхилень з їх оцінюванням із визначенням коригувальних дій для захисту довкілля [20].

Перед впровадженням екоконтролю, господарство має чітко визначити свою екологічну ситуацію та необхідні дії для збереження навколишнього середовища. Проводиться детальний екологічний аналіз, щоб врахувати всі сфери навколишнього середовища господарства, встановлення законодавчих і нормативних вимог для збереження агроценозу, побудова екологічної політики, імplementованої до мети господарства, а також спостереження, планування, контроль і корекція його діяльності. Можливість адаптуватися до навколишніх змін завдяки гнучкості дозволяє ефективно використовувати екологічний менеджмент. Чітке встановлення мети і способів їх досягнення є основою екологічного контролю, завдяки всебічного планування, вмілому управлінні і постійного контролю як поставлених завдань, так і всієї діяльності господарства, що направлена на збереження довкілля [15].

Функції екологічного контролю здійснюються завдяки інформації, яку збирають, оцінюють та опрацьовують, для прийняття екологічних рішень. Це дозволяє контролювати нинішній стан підприємства, оперативно управляти господарством і передбачувати й розробляти майбутні стратегії. Отже, екоконтроль дозволяє

полегшити виконання вимог стандарту ISO 14001:2015, для проведення моніторингу та оцінювання екологічних показників діяльності. Розділ 9.1 стандарту ISO вказує, що підприємства зобов'язані проводити моніторинг, вимірювання, аналіз та оцінку впливу своєї діяльності на навколишнє середовище, враховуючи необхідні сфери для контролю і необхідні методи, з метою достовірності результатів.

Відповідно до стандартів, екологічні цілі встановлюються на відповідні функції і сфери господарства які включають певні екологічні функції та обов'язки щодо дотримання вимог, враховуючи ризики і можливості. Їх погоджують з екологічною політикою та постійно оновлюють узгоджуючи зі стандартом ISO 14001:2015, забезпечуючи механізм, який гарантує, що екологічні цілі не тільки встановлені, але й ефективно контролюються та інтегровані в загальну систему екологічного менеджменту господарства.

Використання екоконтролю в менеджменті допомагає визначати критичні аспекти, дозволяючи структурувати підходи до екологічного менеджменту, показуючи, яка діяльність господарства вимагає регулярного моніторингу та вимірювання з визначенням найефективніших методів вирішення проблем і поставлених задач. Завдяки адаптації та всебічності екоконтролю методами моніторингу та вимірювання забезпечується його тривала ефективність, навіть за мінливості впливу господарства на довкілля й зовнішнє регуляторне середовище. Також, екоконтроль чітко встановлює рівні та показники оцінювання екологічної результативності, яка сприяє господарствам відповідати вимогам ISO 14001:2015 і покращує їх застосування в екологічному менеджменті, що робить їх більш цілеспрямованими, ефективними та адаптивними до змін. Для екологічного контролю існують інструменти, завдяки яким екологізація господарства стає ефективною, наприклад: [17]. Показники екологічних індикаторів: це можливість відбору, комплектування й показ екологічних складових у кількісній формі. Їх постійне використання дає можливість здійснювати регулярний моніторинг для визначення рівня функціонування господарства на довкілля з метою планування діяльності, прийняття рішень на операційному рівні та отримання кількісної інформації. Врахування екологічних витрат: це засіб контролю витрат, який дозволяє розділити дії та витрати як різні завдання або продукти. Використовується на операційному рівні, для моніторингу вкладень пов'язаних з екологізацією господарства визначаючи його ефективність. Ця дія направлена на продуктивне управління витратами та ресурсами.

Екоконтроль та звітність зі сталого розвитку. Реалії сьогодення змушують шукати інструменти для сталого розвитку підприємницької діяльності. Різні проблеми, складні та мінливі, сходяться в одному: це наслідки діяльності підприємців, які відображаються на якості життя сучасних і майбутніх поколінь. Імплементация нормативної бази до вимог Європейського союзу зобов'язує виробників переходити на корпоративну звітність зі сталого розвитку з єдиними стандартами (ESRS), метою яких є стандартизація та доступність звітів для якісного порівняння й оцінювання [18]. В Європейському союзі консультативна група з фінансової звітності (EFRAG) запровадила відбір проектів, щодо вивчення кліматичних змін, біорізноманіття екосистем, забруднення довкілля, використання водних ресурсів, циркулярної економіки, співпраці між громадами, виробниками і споживачами, а також бізнес-етиці [21].

Відповідно до цих стандартів, екоконтроль впливає на процеси звітування. Використання його методів дозволяє ефективно оцінювати та аналізувати екологічні показники, для оформлення точних звітів відповідно до ESRS. Для

прикладу, в стандарті ESRS E1 щодо зміни клімату, екологічний контроль дозволяє визначати, контролювати та оцінювати як функціонування господарства впливає на викиди парникових газів, і за необхідності розробити стратегії їх скорочення. Також в стандартах ESRS E2 відносно забруднення та ESRS E3 щодо використання водних ресурсів, такий контроль дозволяє визначати та оцінювати діяльність господарства спрямовані на мінімізацію забруднення та оптимізації управління водними ресурсами, як то споживання води в проблемних регіонах, повторне використання, зберігання. Як показує досвід екологічний контроль потребує збору даних, аналізу закономірностей та оформлення детальних звітів, які в комплексі висвітлюють, як господарство керує своїми діями на довкілля та що необхідно зробити для досягнення сталого розвитку. У разі дотримання цих стандартів господарства можуть не лише відповідати вимогам звітності CSRD та ESRS, але й ефективно керувати своїми екологічними показниками, що призводить до покращення сталого розвитку та іміджу.

Висновки. Показана необхідність проведення екоконтролю в хмелегосподарствах України як важливого інструменту в екологічному менеджменті. Управління довкіллям виробниками має на меті дозволити господарствам не тільки відповідати законодавчим вимогам і стандартам, а й впроваджувати інновації на перспективу для збереження агроценозу та майбутнього довкілля.

Основними задачами екологічного контролю є: планування, облік, контроль, аналіз та аудит екологічних складових виробничих процесів господарства. Вказано на необхідність адаптації господарств до вимог Європейського союзу й імплементації нормативної бази, стандартів звітності зі сталого розвитку (ESRS).

Показано, як інструменти екоконтролю можуть бути використані для ефективного звітування про зміну клімату, забруднення, використання водних ресурсів та інші ключові екологічні проблеми. Використання екологічного контролю веде до довгострокового успіху, це інструмент досягнення цілей екологічної політики. Вірне екологічне управління, ґрунтоване на екоконтролі, несе користь як навколишньому середовищу, так і виробникам, покращуючи її імідж, підвищуючи довіру клієнтів та відкриваючи нові можливості для ведення підприємницької діяльності в Європейському союзі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Венгер О. В., Федорчук. Н. А. Перший крок до органічного хмелярства. Всеукраїнська науково-практична конференція. *Трофологія (вчення про закономірності живлення біоти та правильного харчування людей) – новітній міждисциплінарний напрям в Україні* : матеріали І Всеукр. науково-освітньо-практичної конф. (25–26 квітня 2019 р.). Житомир : Житомир. нац. агрокол. університет, 2019. С. 130–133.
2. Елементи технології вирощування органічного хмелю / О. Стецюк, О. Венгер, Н. Федорчук та ін. *Органічне виробництво і продовольча безпека* : матеріали XI Міжнар. наук.-практ. конф. (23–24.05.2024 р.). Житомир : Поліський нац. університет, 2024. С. 79–82.
3. Дзядович О. Л., Штанько І. П., Бражевська Н. О. Селекційні підходи до створення нових сортів хмелю звичайного (*humulus lupulus* L.) в умовах мінливості кліматичних чинників зони Полісся. *Агроекологічна безпека і раціональне землекористування зони Полісся* : збірник тез Всеукр. наук. інтернет-конф. (Житомир, Україна, 12 жовтня 2023 р.) / Інститут сільського господарства Полісся НААН. Житомир, 2023. С. 27–29.
4. Application of Valuable Hop Compounds in Bakery / L. Protsenko, S. Ryzhuk, S. Litvynchuk et al. *Bioenhancement and Fortification of Foods for a Healthy Diet* / (Eds.)

Octavio Paredes-López, O. Shevchenko, V. Stabnikov, V. Ivanov. Boca Raton : CRC Press, 2022. P. 29–45.

5. Хільчевський В. К., Забокрицька М. Р., Кравчинський Р. Л. Екологічна стандартизація та запобігання впливу відходів на довкілля. Київ : ВПЦ «Київський університет», 2016. 192 с.

6. Стан галузі хмелярства в Україні та можливості підвищення її ефективності у сучасних умовах / Л. Проценко, С. Рижук, В. Сухораба та ін. *Наукові горизонти*. 2019. Т. 22, № 7. С. 29–40.

7. Федорчук Н., Венгер О., Шевчук О. Фітосанітарний моніторинг кореневих гнилей на хмелеплантаціях Житомирської області. *Наукові основи адаптивного землеробства* : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. з нагоди 100-річчя від дня народження д-ра сільськогосподарських наук, проф., акад. Ф. Т. Моргуна, 90-річчя Агрономічного факультету Дніпровського держ. аграрно-економічного університету та Міжнародного дня здоров'я рослин (16-17 травня 2024 р.). Дніпро : ДДАЕУ, 2024. С. 98–101.

8. MacDonald P. Jamie. Strategic sustainable development using the ISO 14001 Standard. *Journal of Cleaner Production*. 2005. Vol. 13, Iss. 6. P. 631-643.

9. Pacana A. Zarządzanie Środowiskowe zgodne z ISO 14001:2015. Rzeszów : Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, 2018. 245 s.

10. ДСТУ 1.2:2015. Національна стандартизація. Правила проведення робіт з національної стандартизації. [Чинний від 2015-12-20]. Вид. офіц.. Київ : Держспоживстандарт України, 2015. 30 с. (Інформація та документація).

11. ДСТУ 1.5:2015. Національна стандартизація. Правила розроблення викладання та оформлення національних нормативних документів. [Чинний від 2016-04-01]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2015. 61 с. (Інформація та документація).

12. ДСТУ 1.7:2015. Національна стандартизація. Правила та методи прийняття міжнародних і регіональних нормативних документів. [Чинний від 2015-12-20]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2015. 30 с. (Інформація та документація).

13. ДСТУ 1.8:2015. Національна стандартизація. Правила розроблення програми робіт з національної стандартизації. [Чинний від 2016-04-01]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2015. 22 с. (Інформація та документація).

14. Adamczyk J. Rola controllingu ekologicznego w zarządzaniu zrównoważonym rozwojem przedsiębiorstw. *Dylematy i metamorfozy współczesnego zarządzania* / Redakcja naukowa J. Nesterak, A. Wodecka-Hyjek. Warszawa : Instytut Nauk Ekonomicznych PAN, 2021. S. 109–123.

15. Екологічне планування. *Словник-довідник з екології* : навч.-метод. посібник / уклад.: О. Г. Лановенко, О. О. Остапішина. Херсон : Вишемирський В.С., 2013. С. 80–81.

16. Сертифікація до природоохоронних вимог (екологічна сертифікація). *Словник-довідник з екології* : навч.-метод. посібник / уклад.: О. Г. Лановенко, О. О. Остапішина. Херсон : Вишемирський В.С., 2013. С. 160.

17. Лук'янова О. М. Екологічний менеджмент: Конспект лекцій. Харків : УкрДУЗТ, 2022. 67 с.

18. Системи екологічного управління: сучасні тенденції та міжнародні стандарти : посібник / С. В. Берзіна, В. М. Берзін, В. М. Вакараш та ін. Київ : Інститут екологічного управління та збалансованого природокористування, 2017. 134 с.

19. Екоконтролінг: Перспективи екологічної політики в управлінні підприємством / Матукова Г., Храпкіна В., Багашова Н. та ін. *SHS Web of Conferences*. 2021. Vol. 100 : *IV International Scientific Congress "Society of Ambient Intelligence – 2021"* (ISCSAI 2021). P. 05011.

20. Balicka A. Controlling ekologiczny w przedsiębiorstwie. *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*. 2015. Vol. 399. P. 13-21.

21. Próchniak J., Płoska R. WIG-20 Warsaw Stock Exchange Companies: Are They Ready for Governance Matters Disclosures Based on EU Sustainable Reporting Standards? *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska, Sectio H Oeconomia*. 2022. Vol. 56(5). P. 227–246.

УДК 631.8 : 632.3/. 4

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.144.7>

ІННОВАЦІЙНИЙ СВІТОГЛЯД РОЗВИТКУ АГРОНОМІЇ У ТРОФОЛОГІЇ, ВІТАЛОГІЇ ТА ВІТАТЕРРАЛОГІЇ

Вигера С.М. – к.с.–г.н.,

доцент кафедри здоров'я природи та якості харчових ресурсів,

Державний університет «Житомирська політехніка»

orcid.org/0000-0002-8846-471X

На сучасному етапі вкрай актуальним є зміна світогляду щодо життєвих процесів органічного світу та людини розумної в гармонії із природним середовищем. Це викликане тим, що людське суспільство не достатньо аргументовано вивчає природне середовище, порушуючи його природні регулюючі механізми. Результатом такої негативної діяльності є виникнення глобальних проблем сьогодення, а саме: глобальне потепління, глобальний голод, глобальні війни, що в свою чергу призводить до глобального знищення природи та особливо екосистем фітоценозів.

Наші обґрунтування та дослідження засвідчують про необхідність зміни світогляду про розвиток таких науково освітніх напрямків як біологія, трофологія, екологія та абіологія шляхом їх гармонійного поєднання в мультидисциплінарні напрямки віталогія та/або вітатерралогія. Враховуючи необхідність збільшення сортименту та виробництва обсягу рослинної продукції, актуальним є розширення екосистем вирощування культурних рослин в умовах теплиць, гідропоніки, аеропоніки, вертикальних ферм.

Такий актуальний підхід вимагає підготовки фахівців не лише згідно агрономії (агрономів), а також і плантономії (плантономів).

Наразі відомо, що планета Земля (наукова назва – лат. Terra або гр. – Гея,) є єдиною відомою в Сонячній системі та Галактиці, де існує життя та є житлове середовище для людини розумної [1].

Її нині вивчає значна кількість наукових напрямків, залежно від об'єкту вивчення, зокрема основними є: астрономія, геологія, географія, кліматологія, метеорологія, біологія (міждисциплінарний напрям про сукупність життєвих процесів та еволюції в межах біосфери тощо), екологія (міждисциплінарний напрям про сукупність житлового середовища та довкілля органічного світу в біосфері, а також вплив на життєві процеси абіотичних чинників регіонального, планетарного та космічного рівня, що вивчає абіологія) тощо.

Наведене свідчить про термінову потребу змінити світогляд щодо життєвих процесів у людському суспільстві, зокрема в контексті життя, харчування та розмноження органічного світу в природному середовищі. Це середовище нині страждає від катастрофічних наслідків, зокрема через агресивні дії людини, включаючи постійні війни.

Ключові слова: трофологія, віталогія, вітатерралогія, агрономія, культурні рослини, віруси, бактерії, гриби.

Vyhera S.M. Innovative worldview of the development of agronomy in trophology, vitality and vitaterralogy

At the present stage, it is extremely important to change the worldview regarding the life processes of the organic world and rational humans in harmony with the natural environment. This is due to the fact that human society does not study the natural environment reasonably enough, violating its natural regulatory mechanisms. The result of such negative activities is the emergence of global problems of our time, namely global warming, global hunger, global wars, which in turn leads to the global destruction of nature and especially phytocoenosis ecosystems.

Our substantiation and research demonstrate the need to change the worldview of the development of such scientific and educational areas as biology, trophology, ecology and abiology by harmoniously combining them into multidisciplinary areas of vitality and/or vitaterralogy. Given the need to increase the range and production of plant products, it is important to expand the ecosystems of cultivated plants in greenhouses, hydroponics, aeroponics, and vertical farms.

Such an up-to-date approach requires training of specialists not only in agronomy (agronomists), but also in plantonomy (plantonomists).

It is now known that the planet Earth (scientific name – Latin Terra or Greek – Gaia) is the only known in the Solar System and the Galaxy where life exists and there is a habitable environment for a reasonable person [1]. It is currently studied by a significant number of scientific fields, depending on the object of study, in particular, the main ones are astronomy, geology, geography, climatology, meteorology, biology (an interdisciplinary field of study on the totality of life processes and evolution within the biosphere, etc.), ecology (an interdisciplinary field of study on the totality of the living environment and the environment of the organic world in the biosphere, as well as the impact of abiotic factors at the regional, planetary and space levels on life processes, which is studied by abiology), etc.

The above indicates the urgent need to change the worldview of life processes in human society, in particular in the context of life, nutrition and reproduction of the organic world in the natural environment. This environment is now suffering from catastrophic consequences, in particular due to aggressive human actions, including constant wars.

Key words: trophology, vitrology, vitaterralogy, agronomy, cultivated plants, viruses, bacteria, fungi.

Постановка проблеми. Не вдаючись у полеміку щодо започаткування планети *Terra*, особливостей її розвитку у взаємодії з місяцем (супутником планети), іншими планетами сонячної системи та з галактикою взагалі, найбільш актуальним нині, на наш погляд, є вивчення процесів народження життя та подиху повітря, тобто які види, або ж які різновидності біоти це започаткували, а також еволюційність життєвих процесів усього органічного світу та людини розумної особливо в сучасних умовах [2].

Саме на вирішення таких проблем направлені наші дослідження впродовж останніх років, коли спостерігаються глобального рівня катастрофічні процеси щодо впливу на різновидності органічного світу та, особливо, його єдиний розумовий вид – людину розумну (*Homo sapiens*) із роду *хомо* (*Homo*) родини *гомінід* ряду *приматів*, царства тварини (лат. *Animalia* або *Metazoa*). Адже в останнє століття людське суспільство проходить певні еволюційні процеси локального, регіонального та особливо планетарного рівня, як з позитивними, так і негативними наслідками внаслідок своїх агресивних та неадекватних дій.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Викладене засвідчує про нагальну необхідність зміни світогляду на життєві процеси людського суспільства саме в контексті життя, живлення та розмноження органічного світу в природному середовищі, яке нині зазнає катастрофічних наслідків, в т. ч і від агресивних дій людини, зокрема і за рахунок проведення постійних воєн.

Мета досліджень. Метою наших досліджень було вивчення мультидисциплінарного напрямку *віталогія* та її *вітатерралогія*.

Матеріали та методи досліджень. Обґрунтування та дослідження успішного і всебічного вивчення мультидисциплінарного напрямку *віталогія* та її *вітатерралогія*, передбачає впровадження нових термінів.

Виклад основного матеріалу. Сучасні та перспективні науково освітні напрямки про життєві процеси. Інформаційні джерела свідчать, що планета *Terra* існує орієнтовно 4,5, життя на ній – 4,0 млрд. років, а рослинний світ, який є як основним продуцентом органічної речовини та кисню, так і джерелом життя на планеті, в межах 400–600 млн. років. Не вдаючись у полеміку відносно започаткування та тривалості еволюційного розвитку людиноподібних істот, важливим є те, що предки сучасної людини почали заселяти територію Європи всього лише 70–40 тисяч років тому [3]. Викладене засвідчує, що природа існувала 4 млрд. років без людини, яка не могла впливати на природні регулюючі механізми, а саме трофіку в органічному світі, без чого життя всіх видів органічного світу не можливе.

З появою людиноподібних істот, внаслідок еволюційного процесу в природному середовищі, а надалі пращурів і предків сучасної людини, почав спостерігатися відповідний її вплив на середовище та довкілля. Це свідчить, що природа з органічним і неорганічним світом є первинною, а життєві процеси людини та особливо трофічні ланцюжки за участі її – вторинними.

У своїй сутті природа планети Тетра стала джерелом (раєм) життєвих процесів та єдиним харчовим ресурсом для людини, без чого її життя просто не можливе. Адже яблуневий сад та яблука з нього існують і нині, якщо сприймати гіпотезу вищого розумового задуму (божества) щодо появи людини в раю.

Таким чином, викладене засвідчує про актуальність зміни світогляду на фізичне життя людського суспільства в природному середовищі, особливо із урахуванням її трофічних ланок в органічному і неорганічному світі, в тому числі і за рахунок вирощування рослин, які є джерелом життя, а також харчовими продуктами для правильної їди.

Інформативні джерела засвідчують, що незважаючи на тривалий період розвитку еволюційного процесу, зокрема і за участю людини, сучасний науковий напрям про життя органічного світу: *біологія*, започаткований лише 1797 року (Теодор Руз) [4]. На сучасному етапі є багато визначень щодо біології, але особливої уваги заслуговує те, щодо наведено в інформативних джерелах згідно сучасної вікіпедії.

Біологія (дав.-гр. βίος – життя, дав.-гр. λόγος – слово; наука) – система наук, що вивчає життя в усіх його проявах й на всіх рівнях організації живого, про живу природу, про істот, що заселяють Землю чи вже вимерли, їхні функції, розвиток особин і родів, спадковість, мінливість, взаємини, систематику, поширення на Землі; про зв'язки істот та з неживою природою [5].

Логіка засвідчує, що до введення наведеного терміну в науковий світ, особливості життя видів органічного світу вивчалися в поєднанні з середовищем та живленням там різновидностей біоти.

У 1866 році вчений морфолог Ернест Геккель започаткував новий науковий напрям, а саме *екологія*, метою якого стало всебічне вивчення житлового та навколишнього середовища різновидностей органічного світу та особливості їх розвитку там, зокрема і розмноження.

Орієнтовно в цей же період, вчені обґрунтовували й науковий напрям *трофологія*, що вивчає особливості живлення видів органічного світу та їди людини. Це відомо із словників іноземних слів, опублікованих в 1865 та 1910 рр. в тому числі і в межах України [6].

Таким чином, наведене засвідчує, що такі наукові напрямки як *біологія*, *екологія* та *трофологія* почали розвиватися з кінця вісімнадцятого – середини дев'ятнадцятого століття, що продовжується і нині, але, на жаль, не на принципах їх гармонізації в єдиній холі стичній (цілісній) системі.

Поглиблений аналіз розвитку біоти згідно цих трьох наукових напрямків засвідчує, що жоден вид та спільнота органічного світу не здатні жити без середовища та довкілля, а також, що надзвичайно важливо, без живлення там і розмноження. Адже залежно від стану середовища та наявності там трофічної бази, спостерігається розвиток відповідних видів органічного світу та їх спільноти, а також інші життєві процеси.

Виходячи із викладеного, на сучасному етапі вкрай актуальним є поєднання біологічних наук про розвиток життя біоти з науками про середовище і довкілля різновидностей органічного світу та особливості його живлення, включаючи і їду

людини розумної, шляхом гармонізації та поєднання їх в цілісну (холі стичну) систему наук про життєві процеси. На світовому рівні і в Україні науковий освітній процес такого поєднання є на початковому етапі та має фрагментарний характер.

Так, наприклад, про особливості всебічного розвитку різноманітностей органічного світу, зокрема і розмноження, знає практично кожна людина, вивчаючи ці процеси в школах, коледжах та університетах, де введена в освітній процес дисципліна *біологія*. З метою успішного розвитку біології на державному рівні готують відповідних фахівців: *біологів*.

Практично така ж ситуація спостерігається і щодо освоєння знань про середовище та довкілля в житті різноманітностей органічного світу і людини розумної через вивчення такої дисципліни як *екологія*, яка введена в освітній процес значно пізніше. З метою успішного розвитку *екології* на державному рівні готують відповідних фахівців: *екологів*.

Найбільш слабо вивченим є науково освітній напрям щодо особливостей живлення різноманітностей органічного світу та їди (харчування) людини розумної в контексті цього. Так системне вивчення процесів живлення біоти та їди людини слабо вивчене в контексті формування і функціонування трофічних ланцюжків в Україні і прості люди про такі процеси практично нічого не знають. Це викликане тим, що нині відсутні такі дисципліни в освітніх закладах, особливо в школах, коледжах та університетах, незважаючи на те, що живлення біоти та їда людини є фізіологічною необхідністю, без чого життєві процеси просто не можливі.

З метою успішного розвитку *трофології* на державному та не державному рівнях не готують, з додаванням слова зовсім, відповідних фахівців: *трофологів*. Дивно, але це є реальність, коли міждисциплінарний напрям *трофологія* розвивається впродовж майже двох століть, а реальні фахівці такого профілю відсутні, незважаючи на те, що у Великому тлумачному словнику сучасної української мови (між іншим рекомендованим до видання Міністерством освіти і науки України) *фах трофолог* чітко вказаний (*трофолог* – *фахівець із трофології*).

Саме тому починаючи з 2015 року [7] ми розпочали обґрунтування та вивчення актуальності розвитку міждисциплінарного напрямку *трофологія*. З 2018 року така дисципліна введена в освітній процес підготовки студентів, а у 2022 році вперше в Україні виданий відповідний посібник [8]. На сучасному етапі така дисципліна вже введена в освітній процес підготовки фахівців із спеціальності «Агрономія» в Державному університеті «Житомирська політехніка». Зокрема у виданому посібнику та такій же дисципліні викладені особливості вирощування культурних видів рослин, згідно різних технологічних систем, з метою їх використання також для правильної та здорової їди або ж кормовиробництва [2].

У дисципліні *трофологія* акцентується особлива увага, крім живлення різноманітностей органічного світу в різних екосистемах, на особливості правильного харчування людини, що вивчає *хомотрофологія* (лат. *хомо* – людина; гр. *трофо* – харчування; гр. *логія* – вчення, наука). У ній особлива увага звертається також на живлення біоти в межах людини, зокрема як на її тілі (*екзохомотрофологія*), так і безпосередньо в тілі (*ендохомотрофологія*), що може призвести до захворювання людей або ж навіть їх смерті.

Виходячи із викладеного, логічним є аргументований розподіл освіти щодо методології правильної їди людиною (*хомотрофології*) та отримання знань щодо особливостей харчування здорових людей (забезпечує біолог фахівець: *біохомотрофолог*), а також і хворих людей (забезпечує медик фахівець: *медхомотрофолог*). Такий інноваційний підхід потребує обговорення серед науковців і викладачів біологічного, екологічного, медичного, агрономічного та трофічного

профілю в межах різних конференцій та на державному рівні.

За межами України таку дисципліну викладають в Гіссенському університеті ім. Юстуса Лібіха з 1965 року, але під назвою *екотрофологія*. Така ж дисципліна нині також викладається і в Україні, зокрема в Білоцерківському національному аграрному університеті.

Зауважимо, що *трофологія* як науковий напрям та освітня дисципліна, крім Німеччини, відома також у США, Китаї, Чехії та інших країнах.

Принциповими відмінностями між *трофологією* [9] (вивчає закономірності їжі, їди та трофіки людини розумної в контексті живлення різновидностей органічного світу і стану природного середовища та абіотичних чинників) та *екотрофологією* є те, що вона вивчає лише особливості здорового харчування людини, але без аналізу різновидностей харчових ресурсів природного середовища та культурних екосистем, методології отримання з них харчових продуктів біотичного та абіотичного походження, а також їх правильної їди з урахуванням процесів трофіки, зокрема і за участю мікробіоти [10]. Одночасно широкого поширення нині набувають такі дисципліни як нутриціологія та нутріціологія, в основі яких є вивчення нутрієнтів (харчових речовин) та особливостей їх вживання людиною, але знову ж таки не на системній тобто холистичній основі.

Викладений аргументований світогляд щодо розвитку *біології, трофології, екології та її абіології* засвідчує, що вкрай актуальним і перспективним на сучасному етапі є необхідність обґрунтування щодо їх гармонізації та поєднання в єдиний системний (холистичний) мультидисциплінарний напрям *вітатерралогія* [11]. Такі обґрунтування ми проводимо з 2016 року з метою покращення здоров'я природи, її природних регулюючих механізмів, якості харчових ресурсів і правильного життя та їди як особистості так і людського суспільства в *храмі природи*.

Зокрема при вивченні аспектів правильного харчування людини розумної згідно *трофології* та особливо *хомотрофології* нами особлива увага акцентується на культуру, культ, традиції їжі та їди [12], а також якість харчових ресурсів в умовах здорового розвитку екосистем фітоценозів [13]. При вирішенні цієї складної проблеми, ми враховуємо те, що науково-технічний процес в системі наук про життєві процеси повинен врахувати, в першу чергу, найважливіший принцип сучасності – *ефективність і прогноз наслідків досліджень та діяльності людства на планеті Terra і в Космосі в майбутньому*.

Адже прикладами негативних наслідків діяльності людства можуть слугувати наступні: недостатнє обґрунтування щодо розвитку наукового напрямку з атомної енергії, внаслідок чого в світі трапилися різновидності атомних катастроф (Чорнобиль, Японія тощо), у тому числі із використанням атомної зброї та загибеллю людей в Японії; активна діяльність людства, особливо щодо негативного впливу на культурні фітоценози та їх харчові ресурси; суттєве та хижацьке знищення природних фітоценозів (лісів) та різного рівня фітосмуг (лісосмуг), які повинні займати, в якості заповідного фонду в нашій країні площу близько 20 млн. га; суттєвий вплив на зниження родючості ґрунтів (до 20 % гумусу за останні 130 років); масове осушення боліт; збільшення ерозійних, вітрового і водного значення, процесів; не обґрунтоване використання синтетичних технологічних матеріалів, особливо пестицидів, при вирощуванні культурних видів рослин тощо.

На такі процеси суттєво вплинули чинники науково-освітнього процесу радянських наук, які ґрунтувалися на *символі споживацько-грабіжницького відношення до природи*, що підтверджує акцентований крилатий вираз І. Мічуріна – *Ми не можемо чекати милостині від природи, а взяти там все є наше завдання!*

В інформаційному просторі світового рівня всім відомий дивний вислів – *дика природа!* Виходячи із цього, виникає просте та логічне питання – *Наші предки також були дикими?* Зауважимо, що людиноподібні істоти та наші предки могли появитися в природному середовищі лише за рахунок їх еволюційного поєднання із *Природою*, яка в своїй сутті є джерелом життя людських істот і нині.

Беззаперечним також є і те, що в біологічній класифікації вид *Людина* віднесена до ряду приматів царства тварини. Слід також акцентувати увагу на те, що наше суспільство *гармонійно не обґрунтувало, не пізнало і найближчим часом не пізнає* закономірності формування і функціонування природи впродовж орієнтовно 4 млрд. років і перспективи цього процесу в майбутньому. Логічним також є і те, що лише в умовах природного середовища ефективно формуються і функціонують, на основі збалансованих трофічних ланок, природні регулюючі механізми, тоді як людина, їх гальмує або ж, в ряді випадків, безпідставно знищує.

Саме тому на сучасному етапі домінантним повинен стати природоохоронний світогляд людства, де *Природа – первинна, а суспільна гармонійна діяльність, замість хомоцентризму, з її науково-виробничими та економіко-бізнесовими вигодами – вторинні.*

Виходячи із викладеного, логічним є те, що сучасна хвороба суспільства хомоцентризмом, внаслідок бідноти знаннями, веде до різкого погіршення стану довкілля та, в ряді випадків, самознищення цивілізаційних процесів. Про це свідчать аргументовані та не безпідставні застереження відомого на світовому рівні англійського вченого фізика – теоретика і космолога Стівена Вільяма Гокінга (англ. *Stephen William Hawking*; 8 січня 1942 р – 14 березня 2018 р.):

1) я вважаю, що ми досягли точки неповернення; наша Земля стає для нас занадто мала; населення світу дуже активно зростає; ми на порозі самознищення (*Вікіпедія: https://uk.wikipedia.org/wiki/Стівен_Гокінг*);

2) людська раса не має майбутнього, коли не опанує космос; через 600 років життя людини буде під сумнівом; дивіться на зорі, а не під ноги! [5].

Викладені прогнози підтверджуються також проявом ряду негативних чинників уже нині: глобальними війнами, глобальним знищенням природи, глобальним потеплінням, глобальним голодом, незадовільним станом здоров'я людей та порівняно малої тривалості життя в Україні; неправильним, недостатнім та неякісним харчуванням людства в ряді випадків; зміною клімату внаслідок необґрунтованого впливу людського чинника; територіальним дисбалансом функціонування натуральних (природних), хомонатуральних і культурних екосистем та, особливо, їх фітоценозів; порушенням їх природних регулюючих механізмів; глобальним, регіональним і локальним забрудненням природного середовища різними токсикантами та особливо агрофітоценозів пестицидами; деградацією ґрунтів тощо.

Віталогія та вітатерралогія – інноваційні життєві напрямки

Наведені вище проблеми щодо життєвих процесів сьогодення регіонального та планетарного рівнів засвідчують про нагальну необхідність їх виправлення на інноваційній основі.

Наш світогляд засвідчує, що вирішення цих проблем можливе в першу чергу за рахунок прискорених і поглиблених досліджень щодо закономірностей розвитку життєвих процесів за класичною схемою сьогодення, а саме: *теоретичне обґрунтування – освіта та наука – виробництво та бізнес на природоохоронних принципах.*

Виходячи із викладено, ми проводимо аргументовані обґрунтування, з урахуванням традицій життя суспільства, щодо інноваційної методології розвитку

сучасних, вкрай необхідних і взаємопов'язаних науково освітніх напрямів на основі їх гармонізації, зокрема про особливості розвитку та розмноження органічного світу і людини, а також живлення в певному середовищі, а саме *біології, трофології, екології та абіології* в єдиному мультидисциплінарному напрямку, запропонованому нами 2016 року під назвою *Вітатерралогія* [1], яка має наступне визначення.

Вітатерралогія (*vita* – життя; *terra* – планета Земля; *logos* – слово, вчення) – вчення про закономірності формування і функціонування, на всіх рівнях організації біосфери, екосфери та трофосфери планети Терра, життєвих процесів органічного світу, зокрема і людини розумної, за гармонізації *біології, трофології, екології та абіології* (за авторством).

Адже в межах планети нами не відома жодна істота органічного світу, а їх відомо більше 3 млн. видів, які протягом свого життя на планеті *terra* (вивчає *біологія*) не мають середовища та довкілля (вивчає *екологія та абіологія*), не живляться, і не задіяні в трофічних ланках (вивчає *трофологія*).

У перспективі внаслідок обґрунтування на холистичній основі мультидисциплінарного напрямку *вітатерралогія*, суспільство створить передумови вирішення нагальних проблем в напрямку гармонізації своїх життєвих процесів як в храмі природи України, так і на планетарному рівні.

Загальновідомо, що в другій половині ХХ століття на планеті розпочалися посиленні обґрунтування та дослідження щодо освоєння космосу шляхом запуску автоматизованих космічних апаратів: вперше 4 жовтня 1957 року – штучний супутник Землі – «Супутник-1»; орбітальний політ у космос живих істот – собак Білка та Стрілка з успішним поверненням на Землю; перший політ 12 квітня 1961 року людини у космос (Юрій Гагарін) на кораблі «Восток-1»; перше повернення космічного апарата («Зонд-5») на Землю після обльоту Місяця, на борту якого перебували живі істоти: черепахи, плодові мухи, черв'яки, рослини, насіння, бактерії; американська місія «Аполлон-11» з пілотованою посадкою на Місяць (1969 рік) тощо.

Викладене засвідчує, що специфічні життєві процеси, в т.ч. за рахунок живлення та участі різновидностей органічного світу та людей почали проявлятися не лише в межах планети Терра, а також і поза її межами: в космосі.

Без сумнівним є те, що в майбутньому життєві процеси будуть розширюватися з можливістю перебування людини та біоти не лише на супутнику нашої планети – *Місяць*, а також і межах інших планет з перспективою започаткування життєвих процесів, формування і функціонування специфічних екосфер, біосфер та трофосфер. Виходячи із викладеного, логічним є вивчення вище наведених аспектів життєвих процесів не лише в межах планети Терра, а також і в космосі, з обґрунтуванням на холістичній основі, класичного, згідно нашого світогляду, мультидисциплінарного напрямку: *віталогія*, що системно вивчатиме життєві процеси [6].

Віталогія (*vita* – життя; *logos* – слово, вчення) – мультидисциплінарне вчення про закономірності формування і функціонування, на всіх рівнях організації біосфери, екосфери та трофосфери в межах планети Терра та космосу, життєвих процесів органічного світу, зокрема і людини, за гармонізації *біології, трофології, екології та абіології* (за авторством).

Інформаційні джерела засвідчують, що науковий термін *віталогія* в Україні відомий з 1999 року, завдяки публікації вченого філософа Арцишевського Романа Олександровича, де також подане і її визначення (*Віталогія* – філософське вчення про людину // Наук. вісн. Волин. університету: Філософ. науки. 1999. № 9).

У словнику української мови запропоноване дещо інше визначення: *Віталогія* – комплексне вчення про людське життя.

Згідно нашого світогляду, логічним є те, що назва науково освітнього терміну та його визначення повинні відповідати сутті та ґрунтуватися, як правило, на латинській або ж давньогрецькій мові.

Саме тому на сучасному етапі вкрай актуальним є нині введення новітніх термінів щодо життєвих процесів на планеті Тетра з відповідним їх обґрунтуванням на принципах розробки аргументованих цілісних систем (холізму) [11].

Це свідчить, що мультидисциплінарний напрям *віталогія* повинен обґрунтувати не лише життєві процеси людини розумної, а всього органічного світу на планетарному та космічному рівні. Така аргументація засвідчує, що вкрай актуальним є обґрунтування науково освітнього процесу та поглиблення досліджень щодо *віталогії*, введення її в освітній процес практично на вищому рівні, ніж *біологія*, а також підготовки відповідних фахівців такого профілю, а саме *віталогів*.

В межах *віталогії* логічним є обґрунтування закономірностей формування та функціонування всіх відомих на сучасному етапі складових органічного світу, а саме різновидностей із царств віруси (лат. *virus*), археї (лат. *Archaea*), бактерії (лат. *Bacteria*), гриби (лат. *Fungi*), рослини (лат. *Plantae*) і тварини (лат. *Animalia* або *Metazoa*).

Окремого виділення, на наш погляд, заслуговує науково-освітній напрям про надклас гексаподи (лат. *Hexapoda*) та їх складові: клас інсекта (лат. *Insecta*) або ж комахи та клас ентогнати (лат. *Entognata*). Це викликано тим, що гексаподи є найбільш чисельною групою органічного світу, які у видовому відношенні мають найбільше видів (більше 50 % від всіх видів біоти планетарного рівня), та в свою чергу, які мають специфічні життєві та трофічні процеси регіонального та планетарного рівня.

Безсумнівним є те, значна частина різновидностей наведених царств в прямому або ж опосередкованому відношенні взаємопов'язані із фізичними життєвими процесами людини розумної (*Homo sapiens*) та її суспільства, що також потребує особливого вивчення.

Таким чином на сучасному етапі логічним і актуальним є розробка інноваційної методології щодо формування та функціонування життєвих процесів різновидностей органічного світу згідно обґрунтування наступних науково-освітніх напрямків у *віталогії*, а також введення таких дисциплін в освітній процес та отримання відповідного фаху, а саме:

- *вірусовіталогія* – вчення про життєві процеси різновидностей вірусів (*вірусовіталог*);

- *археевіталогія* – вчення про життєві процеси різновидностей архей (*археевіталог*);

- *бактеріовіталогія* – вчення про життєві процеси різновидностей бактерій (*бактеріовіталог*);

- *фунговіталогія* – вчення про життєві процеси різновидностей грибів (*фунговіталог*);

- *плантавіталогія* – вчення про життєві процеси різновидностей рослин (*плантавіталог*);

- *анімаліавіталогія* – вчення про життєві процеси різновидностей тварин (*анімаліавіталог*);

- *гексаподовіталогія* – вчення про життєві процеси різновидностей тварин-шестиногих (*гексаподовіталог*);

– *інсектовіталогія* – вчення про життєві процеси різновидностей інсект або ж комах (*інсектовіталог*);

– *ентогнатовіталогія* – вчення про життєві процеси різновидностей ентогнат (*ентогнатовіталог*);

– *хомовіталогія* – вчення про життєві процеси людини розумної та її суспільства (*хомовіталог*).

Логічним є в подальшому аргументованого розмежування та вивчення різновидностей вище наведених царств і їх представників згідно менших складових, що також потребує окремого обґрунтування та вивчення.

Слід зауважити, що на сучасному етапі особливого вивчення заслуговує розмаїття видів із царства рослини (лат. *Plantae*), яких на світовому рівні відомо в межах 500 000, але в культуру їх введено надзвичайно мало, зокрема в межах одної тисячі.

Викладене засвідчує, що на сучасному етапі вкрай необхідним є аргументоване обґрунтування інноваційного світогляду щодо розвитку агрономії у *віталогії* та *вітатерралогії*.

Це є особливо актуальним виходячи із того, що нині культурні рослини вирощують не лише в межах поля, а також в умовах *телиць*, *гідропоніки*, *аеропоніки*, *вертикальних ферм*, *космосу* (*супутники*) тощо, де є своя специфіка вирощування, відмінна від польової.

Виходячи із викладеного, фахівцями щодо вирощування рослин в таких екосистемах повинні бути, згідно нашого світогляду, не так *агрономи*, як *плантономи* (лат. *Plantae* – *рослини*), яких необхідно готувати згідно профілю *плантономія* [14].

Адже в основі такого вивчення та вирощування культурних рослин в першу чергу є як самі рослини, так і різновидності вище наведених екосистем або ж живильних середовищ.

Висновки

Викладена аргументація засвідчує, що мультидисциплінарний напрям *віталогія* та її *вітатерралогія* є інноваційним і має право на своє існування.

Успішний розвиток цих глобальних напрямків ґрунтується на гармонійному розвитку таких науково освітніх дисциплін як *біологія*, *трофологія*, *екологія* та *абіологія*.

Сьогодення засвідчує про необхідність корінної зміни світогляду щодо особливостей розвитку науково освітнього напрямку про правильну їду людини в контексті живлення органічного світу.

З цією метою вкрай актуальним є покращення знань щодо вирощування різновидностей культурних рослин не лише на основі фаху *агрономія*, а також і *плантономія*, яка створить передумови розширення екосистем з метою більшого сортименту вирощуваних рослин на природоохоронній основі.

Згідно нашого світогляду успіх сталого розвитку цивілізаційних процесів необхідно розглядати на принципах холізму та виключно через ***Мудрість Життя, Трофіки та Їди в Храмі Природи!***

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Вигера С. М. Обґрунтування новітнього в Україні напрямку Трофологія в системі наук про життя. Київ : Компрінт, 2016. 49 с.

2. Вигера С., Ключевич М., Ковальчук Р. Методологія освітніх програм Школи філософії їжі та природокористування : навч-метод. посібник / за наук. ред. С. Вигери. Київ : Компрінт, 2024. 137 с.

3. Вигера С. М. Концепція розвитку трофології – перспективного напрямку в системі наук про життя. *Органічне виробництво і продовольча безпека* : матеріали ІІІ Міжнар. наук.-практ. конф., 23 квіт. 2015 р. / Житомир. нац. агроєкол. ун-т. Житомир : Полісся, 2015. С. 429-434.
4. Вигера С. М. Трофологія – перспективний напрям в системі наук про життя. *Проблеми економіки підприємств в сучасних умовах* : матеріали VI міжнар. наук.-практ. конф. (21–22 травня 2015 р.). Київ : Нац. університет харчових технологій, 2015. С. 168–170.
5. Вигера С., Ключевич М., Столяр С. Трофологія : посібник / за наук. ред. С. Вигери. Київ : Компрінт, 2022. 187 с.
6. Вигера С. М. Трофологія – життєво необхідний напрям Вітатеррології. *Органічне виробництво і продовольча безпека* : зб. матеріалів доп. IV Міжнар. наук.-практ. конф. (12 травня 2016 р.). Житомир : Житомир. нац. агроєкол. ун-т, 2016. С. 141–146.
7. Вигера С. М. Трофологія : монографія. Київ : Компрінт, 2017. 125 с.
8. Екотрофологія. Основи екологічно безпечного харчування : навч. посібник / Т. М. Димань, М. М. Барановський, Г. О. Білявський та ін. ; за ред. Т. М. Димань. Київ : Лібра, 2006. 304 с.
9. Вигера С. Концепція гармонійного розвитку Трофології, Вітатеррології та Віталогії : препринт. Київ : Компрінт, 2021. 77 с.
10. Вигера С. М., Ключевич М. М., Ковальчук Р. Л. Культуру та культ їжі – на державний освітній рівень. *Сучасні аспекти збереження здоров'я людини* : зб. праць учасників XVI Міжнар. міждисц. наук.-практ. конф., 21–22 квіт. 2023 р. Ужгород : ДВНЗ «Ужгородський НУ», 2023. С. 76–79.
11. Урахування традиційної їжі людей в сучасних умовах України / Вигера С. М., Ключевич М. М., Столяр С. Г. та ін. *Modern science: theory and practice of applying the latest paradigm* : collective monograph. Bratislava, Slovakia : Institute of professional development, 2023. P. 55–71.
12. Вигера С. М., Ключевич М. М., Ковальчук Р. Л. Обґрунтування новітньої методології забезпечення здоров'я фітоценозів. *Moderní aspekty vědy* : Svazek XLVII mezinárodní kolektivní monografie / Mezinárodní Ekonomický Institut s.r.o. Česká republika : Mezinárodní Ekonomický Institut s.r.o., 2024. P. 166–175.
13. Вигера С. М., Ключевич М. М., Ковальчук Р. Л. Аргументація введення новітніх термінів у системі наук про їжу людини та живлення біоти. *Moderní aspekty vědy* : Svazek XL mezinárodní kolektivní monografie / Mezinárodní Ekonomický Institut s.r.o. Česká republika : Mezinárodní Ekonomický Institut s.r.o., 2024. P. 753–765.
14. Теоретичні аспекти інноваційного світогляду щодо наук про царство рослин / Ключевич М. М., Вигера С. М., Можарівська І. А., Ковальчук Р. Л. *Moderní aspekty vědy* : LIII. Díl mezinárodní kolektivní monografie / Mezinárodní Ekonomický Institut s.r.o. Česká republika : Mezinárodní Ekonomický Institut s.r.o., 2025. С. 184–194.

УДК 631.53.04:633.34(477.73)

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.144.8>

ВПЛИВ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНИХ ПРЕПАРАТІВ НА ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА ПОСІВНІ ЯКОСТІ НАСІННЯ ГІРЧИЦІ БІЛОЇ

Воропай Ю.В. – к.с.-г.н.,

старший викладач кафедри рослинництва,

Державний біотехнологічний університет

orcid.org/0000-0001-7883-1996

Чигрин О.В. – к.с.-г.н., доцент,

доцент кафедри рослинництва,

Державний біотехнологічний університет

orcid.org/0000-0002-8983-994X

Серед олійних культур гірчицю білу вирізняють як одну з найбільш перспективних та конкурентоспроможних. Вона цінується за високі фітосанітарні характеристики, посухостійкість, скоростиглість, за стабільність врожайності, здатність покращувати агрофізичні властивості ґрунту, а також універсальність у використанні. За оцінками агровиробників гірчиця біла характеризується відносно невисокими затратами на вирощування порівняно з соняшником. Важливою перевагою є й висока вартість насіння на зовнішньому ринку. Це зумовлює необхідність збільшення посівних площ гірчиці білої та вдосконалення агротехнічних заходів її вирощування.

Метою досліджень було встановлення впливу передпосівної стимуляції насіння фізіологічно активними препаратами на продуктивність рослин, урожайність та якість насіння гірчиці білої.

За результатами досліджень було встановлено, що на продуктивність рослин, врожайність та якість насіння гірчиці білої впливали досліджувані препарати. Проте більш активний ефект від їх використання був відмічений у 2021 році. Серед досліджуваних препаратів варто відмітити Радіфарм та Вимпел, які протягом двох років забезпечували максимальні значення продуктивності рослин та врожайності культури на рівні – 15,4 та 14,7 ц/га, що на 18 та 12 % більше від контролю. Приріст врожайності гірчиці білої від передпосівної стимуляції насіння Регоплантом та Насіння Турбо не перевищував 9 %. Не менш важливий вплив досліджуваних препаратів було відмічено на посівних якостях насіння, одержаного в результаті проведених досліджень. Енергія проростання насіння у варіанті з Радіфармом та Вимпелом перевищувала контроль на 5,5 %, а лабораторна схожість на 4,4 % відповідно, забезпечивши при цьому зменшення кількості набухлого та аномально пророслого насіння. Вплив Регопланту та Насіння Турбо на зазначені показники не перевищував 2 % у порівнянні з контролем.

Ключові слова: гірчиця біла, густина посіву, висота, кількість гілочок, стручків, маса 1000 насіння, урожайність, якість насіння.

Voropai Yu.V., Chyhryn O.V. Influence of environmentally safe preparations on the formation of productivity and sowing qualities of white mustard seeds

Among oilseeds, white mustard is recognized as one of the most promising and competitive. It is valued for its high phytosanitary characteristics, drought tolerance, early maturity, yield stability, ability to improve agrophysical properties of the soil, and versatility in use. According to agricultural producers, white mustard is characterized by relatively low cultivation costs compared to sunflower. Another important advantage is the high cost of seeds on the foreign market. This necessitates an increase in the sown area of white mustard and the improvement of agronomic measures for its cultivation.

The aim of the research was to determine the effect of pre-sowing seed stimulation with physiologically active preparations (growth regulators) on plant productivity, yield and quality of white mustard seeds.

According to the results of the research, it was found that the studied growth regulators influenced the plant productivity, yield and quality of white mustard seeds. However, a more

active effect of their use was observed in 2021. Among the studied preparations, it is worth noting Radifarm and Vypel, which for two years provided the maximum values of plant productivity and crop yield at the level of 15,4 and 14,7 c/ha, which is 18 and 12 % more than the control. The increase in yield of white mustard from pre-sowing stimulation of seeds with Regoplant and Seed Turbo did not exceed 9 %. An equally important effect of the studied preparations was noted on the sowing qualities of seeds obtained as a result of the research. The germination energy of seeds in the variant with Radifarm and Vypel exceeded the control by 5,5 %, and laboratory germination by 4,4 %, respectively, providing a reduction in the number of swollen and abnormally germinated seeds. undefined . The effect of Regoplant and Seeds Turbo on these indicators did not exceed 2 % compared to the control.

Key words: white mustard, sowing density, height, number of branches, pods, weight of 1000 seeds, yield, seed quality.

Постановка проблеми. Останніми роками в аграрному секторі України прослідковується чітка тенденція до надмірного вирощування соняшнику, який займає суттєву частку в структурі посівних площ сільськогосподарських культур. Попри високу рентабельність культури, інтенсивне вирощування призводить до виснаження ґрунтів, погіршення фітосанітарного стану агроценозів та зниження стійкості агроecosystem [1, с. 27].

Тому постає важливе питання пошуку альтернативних олійних культур, здатних знизити навантаження на агроландшафти та забезпечити сталий розвиток виробництва. Однією з перспективних олійних культур у цьому контексті є гірчиця біла, яка може ефективно доповнювати або частково замінювати соняшник у сівозміні. Завдяки високим фітосанітарним властивостям, здатності до швидкого формування вегетативної маси, витривалістю до посухи, широкому спектру використання та позитивному впливу на агрофізичні властивості ґрунту, гірчиця біла набуває дедалі ширшого поширення серед олійних культур. Попри перспективність культури, середня врожайність гірчиці білої в Україні поступається світовим показникам, що вказує на необхідність вдосконалення технології її вирощування [2, с. 283; 3, с. 48; 4, с. 158].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Підвищення продуктивності гірчиці білої набуває дедалі більшої актуальності у зв'язку з розширенням її використання як високорентабельної та екологічно адаптованої культури. Реалізація біологічного потенціалу культури залежить від комплексу факторів, зокрема ґрунтово-кліматичних умов регіону вирощування, сортових характеристик та рівня агротехнічного забезпечення. Сучасні технології вирощування гірчиці білої спрямовані на створення сприятливого агрофону, який забезпечує оптимальні умови для росту, розвитку та формування високої продуктивності культури. Важливою умовою досягнення підвищення врожайності та отримання високоякісного насіння є застосування фізіологічно активних речовин – стимуляторів росту.

За даними багаторічних досліджень було встановлено, що стимулятори росту здатні впливати на фізіологічні процеси рослин, регулювати ріст, розвиток, фотосинтез, формування генеративних органів рослин тощо. За несприятливих погодних умов застосування стимуляторів росту дозволяє підвищити стресостійкість рослин та забезпечити стабільне функціонування рослинного організму [5, с. 14; 6, с. 214; 7, с. 36]. Таким чином, дослідження дії стимуляторів росту на врожайність та якість насіння гірчиці білої залишається актуальним напрямом, що потребує детального вивчення.

Мета досліджень. Метою досліджень було встановлення впливу передпосівної стимуляції насіння фізіологічно активними препаратами на продуктивність рослин, урожайність та якість насіння гірчиці білої.

Матеріали та методи досліджень. Експериментальні польові дослідження проводили на базі ННВЦ «Дослідне поле» Державного біотехнологічного університету в 2020–2021 рр. Ґрунт дослідних ділянок чорнозем звичайний середньогумусний глибокий важкосуглинковий. Вміст гумусу в орному шарі ґрунту в середньому становить 4,6 %, гідролізованого азоту – 116 мг на 1 кг ґрунту, рухомих форм фосфору і калію – 13,8 мг і 10,3 мг на 100 г ґрунту відповідно. Реакція ґрунтового розчину слабокисла (рН–5,7) [8, с. 20]. Польовий дослід було поставлено за повною факторіальною схемою відповідно до загальноприйнятої методики [9, с. 269]. Програмою досліджень передбачено вивчити ефективність передпосівної обробки насіння гірчиці білої екологічно безпечними комплексними препаратами, до складу яких входять стимулятори росту рослин: Насіння Турбо, Вимпел, Радіфарм та Регоплант. Контрольним варіантом в нашому досліді було необроблене насіння. Насіння гірчиці обробляли досліджуваними препаратами напередодні сівби, методом напівсухого протруєння. Норма витрати препаратів відповідала рекомендаціям виробника. Площа посівної ділянки становила – 15 м², облікової 10 м², повторюваність триразова. Досліди проводили з ранньостиглим, посухостійким сортом Лелека 2019 року реєстрації, вміст олії в насінні 37 %, потенційна врожайність 2 т/га [10].

Погодні умови в роки проведення досліджень дещо відрізнялися від багаторічних показників (рис. 1.).

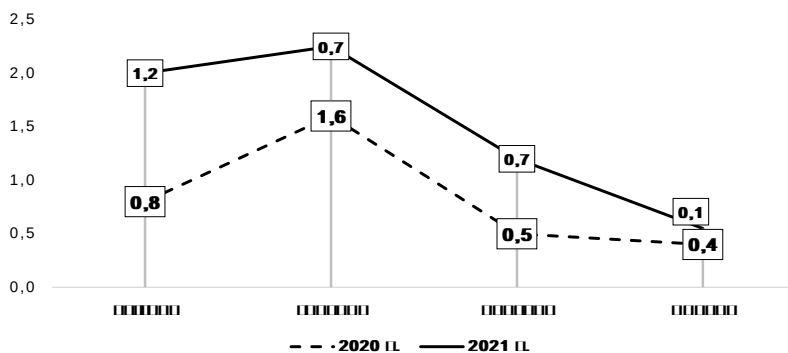


Рис. 1. Гідротермічний коефіцієнт по місяцях вегетації рослин гірчиці білої.

Гідротермічні умови під час вегетації рослин гірчиці білої були посушливими. Так, в 2020 та 2021 рр. показник ГТК становив 0,83 та 0,68 відповідно. У 2020 р. кількість опадів була меншою від кліматичної норми на 75 %, а у 2021 р. на 85,0 %, при цьому показники середньодобової температури перевищували багаторічні на 1,8 та 2,9 °С відповідно.

Результати досліджень. Продуктивність рослини є кількісною ознакою, яка має складну структуру. Формування структури продуктивності сільськогосподарських культур в значній мірі залежить від багатьох факторів: погодних умов, технології вирощування, ураженості шкідниками та патогенами, засміченості посівів бур'янами та якості посівного матеріалу. Загальновідомо, що оптимальна густина рослин, яка збереглася до кінця вегетації – важлива складова майбутнього врожаю культури. Облік густоти рослин, який проводили безпосередньо перед збиранням, підтвердив, що обробка насіння фізіологічно активними препаратами має позитивний ефект на рослини гірчиці білої, зменшує негативний вплив факторів зовнішнього середовища і тим самим зменшує частку випавших біотипів (рис. 2).

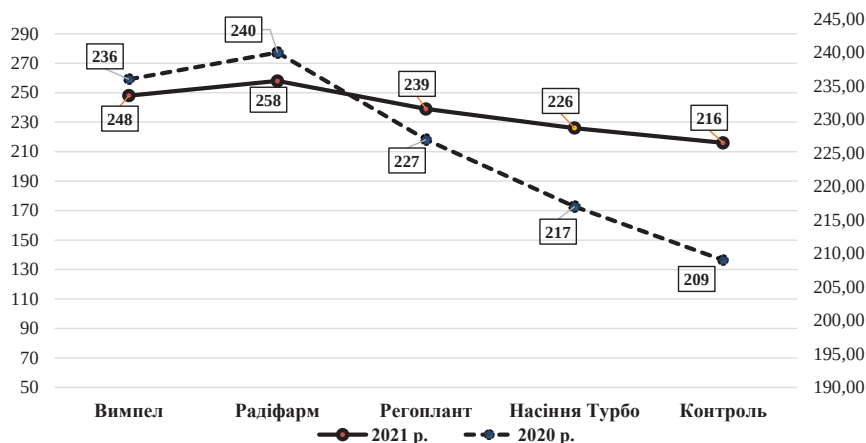


Рис. 2. Густота посіву гірчиці білої перед збиранням, шт./м²

Результати наших обліків показали, що в середньому за два роки, обробка насіння у варіантах з Радіфармом та Вимпелом забезпечила максимальні показники виживаності та густоти рослин у досліді в порівнянні з контрольним варіантом. Так, у 2020 та 2021 рр. стимуляція насіння Радіфармом забезпечила густоту посіву на рівні 240 та 258 шт./га, перевищивши контроль на 14 та 19 %. У варіанті з Вимпелом густота посіву перевищувала контроль на 13 % у 2020 році та на 15 % у 2021 році. Обробка насіння Регоплантом та Насіння Турбо не забезпечували суттєво збільшення даного показника. Передпосівна обробка насіння впливала також на ростові процеси культури. За результатами досліджень встановлено, що висота рослин у досліджуваних варіантах була в межах від 50,2 до 67,4 см (рис. 3).

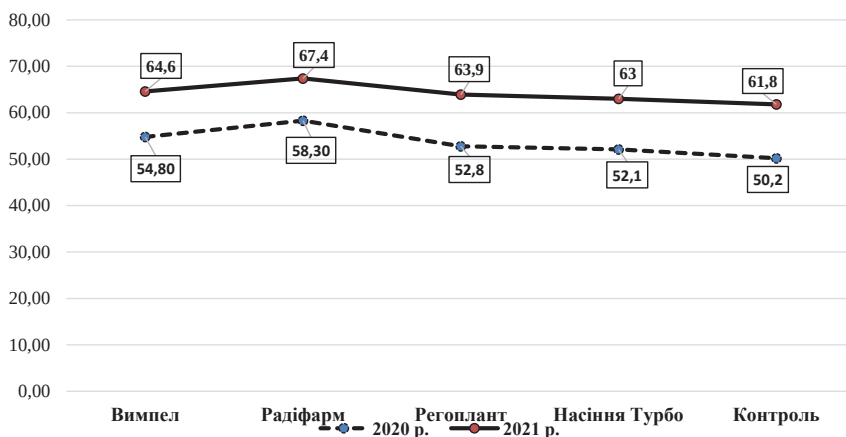


Рис. 3. Висота рослин гірчиці білої, залежно від передпосівної обробки насіння, см

Максимальні значення висоти рослин гірчиці білої у досліді було відмічено на варіантах обробки насіння препаратом Радіфарм. У 2020 та 2021 рр. даний показник становив 67,4 і 58,3 см перевищивши контроль на 8,1 і 5,6 см відповідно. На варіантах обробки насіння Вимпелом також слід відмітити доволі інтенсивний

ріст рослин гірчиці, який перевищував контрольний варіант на 4,6 і 3,0 см відповідно. Найменший приріст висоти рослин у досліді (не більше 2,0 см) був відмічений на варіантах стимуляції насіння препаратами Регоплант та Насіння Турбо.

Не менш важливий елемент структури врожаю гірчиці білої, який також мав тенденцію до збільшення від контрольного варіанту є кількість гілочок на одній рослині. В наших дослідженнях даний показник варіював від 3,0 до 4,3 шт. на рослину (рис. 4). Варто відмітити позитивний ефект від передпосівної обробки насіння препаратами Радіфарм та Вимпел, які забезпечили у 2020 та 2021 рр. збільшення кількості гілочок від контролю на 16 і 23 % та 8 і 13 % відповідно. Регоплант та Насіння Турбо практично не забезпечили значного збільшення гілочок на рослині у порівнянні з ділянками контрольного варіанту.

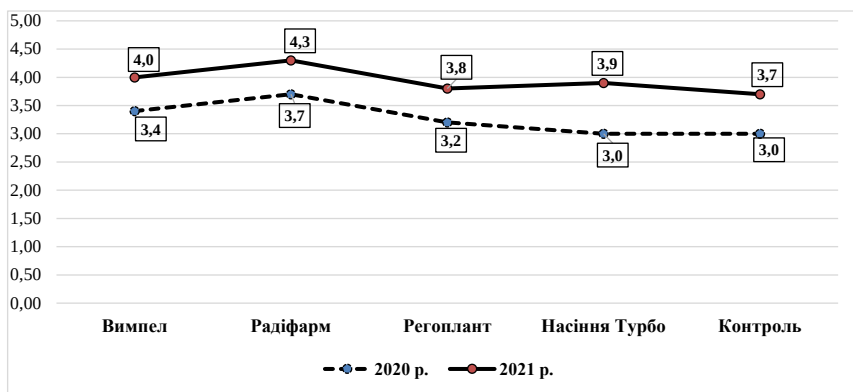


Рис. 4. Кількість гілочок гірчиці білої, залежно від передпосівної обробки насіння, шт.

Дослідження впливу фізіологічно активних речовин на рослинах гірчиці білої показало, що під дією досліджуваних препаратів змінюється не лише густота, висота та кількість гілочок, а і кількість стручків на рослині. Потенційна здатність рослин родини хрестоцвітих формувати бутони, квітки і стручки дуже висока, але її реалізація суттєво залежить як від біотичних так і абіотичних факторів (рис. 5).

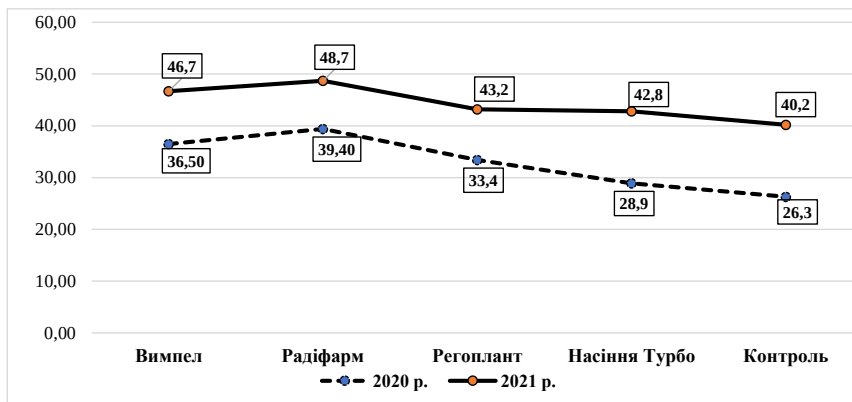


Рис. 5. Кількість стручків на одній рослині гірчиці білої, шт.

Стимуляція насіння препаратами Радіфарм та Вимпел забезпечили найвищу у досліді кількість сформованих стручків у порівнянні з контролем та іншими варіантами обробки насіння. Так, у 2020 та 2021 рр. обробка насіння Радіфармом забезпечила збільшення кількості стручків у порівнянні з контролем на 21,1 і 49,8 %, а обробка Вимпелом на 38,8 і 16,2 % відповідно. Обробка насіння Регоплантом та Насіння Турбо мала дещо нижчий ефект на формування стручків, забезпечивши приріст від контролю на рівні 6,5–10 %.

Маса насіння – це один з найважливіших показників, що характеризує якість посівного матеріалу. Він є важливою складовою як для визначення вагової норми висіву насіння так і для оцінки загальної якості насіння. У досліді було встановлено вплив досліджуваних регуляторів росту на показники маси тисячі насіння гірчиці білої (рис. 6).

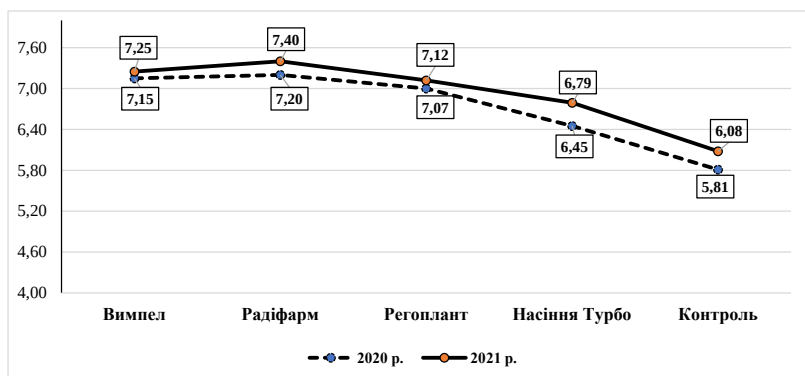


Рис. 6. Маса 1000 насіння гірчиці білої, залежно від передпосівної обробки, г

Так, найвищі значення досліджуваного показника у досліді також було відмічено на варіантах стимуляції насіння препаратами з фітогормонами Радіфарм та Вимпел. Обробка насіння Радіфармом забезпечила збільшення маси тисячі насіння у 2020 та 2021 рр. від контролю на 23,9 та 21,7 %, а у варіанті з Вимпелом на 23,0 та 19,2 % відповідно. Дещо меншим зростання даного показника було у варіантах з Регоплантом – 21 і 17 % та Насіння Турбо – 11 і 12 % відповідно.

За результатами досліджень було встановлено, що врожайність зерна гірчиці білої формувалась за впливу як погодних умов так і досліджуваних стимуляторів росту. Варто відмітити, що у зв'язку з підвищеними температурними показниками та нерівномірним розподілом опадів під час вегетації, врожайність гірчиці у досліді була нижчою за потенційно можливу (рис. 7).

У цілому, за два роки досліджень максимальну врожайність гірчиці білої забезпечувала стимуляція насіння стимулятором росту Радіфарм – 15, ц/га, разом з тим ефективність Вимпела також виявилась досить висока – 14,7 ц/га, прибавка врожайності порівняно з контролем становила 18 і 12 % відповідно.

Проте варто відмітити, що більш стабільний ефект по роках досліджень забезпечував стимулятор росту Радіфарм. Передпосівна стимуляція насіння препаратами Регоплант та Насіння Турбо не сприяли істотному підвищенню врожайності культури. Позитивний ефект від дії даних препаратів був більш істотним за умов достатнього зволоження і оптимальних температурних показників під час вегетації культури. У середньому за два роки прибавка врожайності порівняно з контролем на ділянках Регопланту і Насіння Турбо становила 1,2 ц/га (9 %) та 0,5 ц/га (4 %).

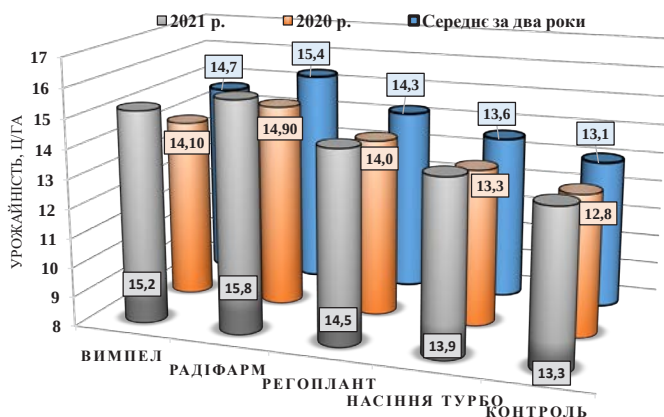


Рис. 7. Урожайність гірчиці білої, залежно від передпосівної обробки насіння, ц/га

Не менш важливий вплив досліджуваних препаратів було відмічено на посівних якостях насіння, одержаного в результаті проведених досліджень (рис. 8).

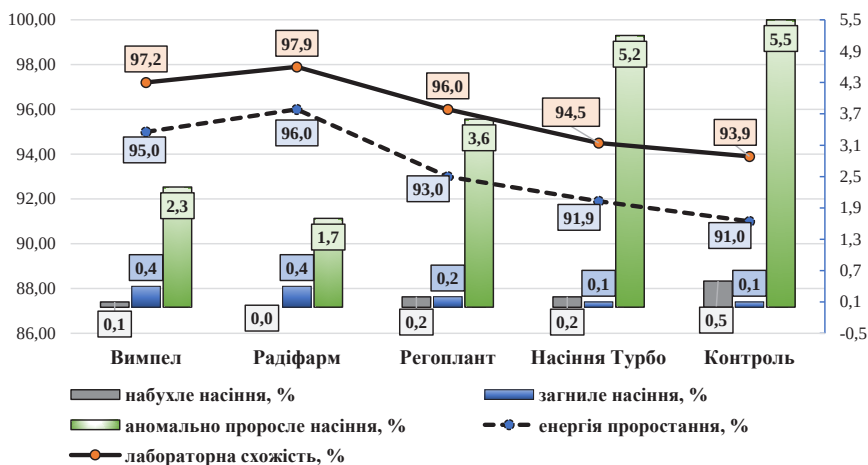


Рис. 8. Показники проростання насіння гірчиці білої вирощеного у досліді, 2020-2021 рр.

За результатами досліджень було встановлено, що енергія проростання насіння, вирощеного у варіанті з Радіфармом та Вимпелом перевищувала контроль на 5,5 та 4,2 % відповідно. Найнижчі значення даного показника, які не перевищували 2 % були відмічені у варіантах з рештою досліджуваних препаратів. Найвищі показники лабораторної схожості порівняно з контролем 4,4 та 3,5 % були також у варіантах з Радіфармом та Вимпелом. Вплив дії Регопланта та Насіння Турбо становив не більше 2 % від контролю. Водночас зі збільшенням лабораторної схожості майже у два рази зменшилась кількість набухлого та аномально пророслого насіння.

Висновки. За результатами досліджень був встановлений позитивний ефект досліджуваних комплексних препаратів на показники густоти, висоти, кількості гілочок, стручків, масу тисячі насіння, врожайність та якість насіння культури.

Серед досліджуваних препаратів варто відмітити ефективну дію Радіфарму та Вимпела, які протягом двох років забезпечували максимальні значення врожайності гірчиці на рівні 15,4 та 14,7 ц/га. Водночас варто зазначити ефективність даних препаратів також на показниках якості вирощеного насіння в досліді. Екологічно безпечні препарати зі стимулюючою дією Радіфарм та Вимпел позитивно впливали на енергію проростання та лабораторну схожість насіння, що вказує на можливість їх використання на насінницьких посівах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гамаюнова В.В., Хоненко Л.Г., Бакланова Т.В., Кудріна В.С., Москва І.С. Добір альтернативних соняшнику ярих олійних культур для умов Південного Степу України та оптимізація їх живлення. *Наукові горизонти*. 2019. № 9(82). С. 27–35.
2. Рожков А.О., Огурцов Є.М. Рослинництво: підручник. Харків: ТОВ «ТПГ», 2019. 382 с.
3. Жуйков О.Г., Ходос Т.А. Гірчиця в структурі жирололійного комплексу України: повноправна альтернатива чи «чужий серед своїх». *Таврійський науковий вісник*. 2021. № 121. С. 48–52.
4. Технічні культури: навч. посібник / О.С. Городецький, Л.М. Качан, С.П. Вахній, В.С. Хахула; За ред. О.С. Городецького. Біла Церква, 2018. 288 с.
5. Бутенко С.О., Цзя ПейПей. Вплив регуляторів росту рослин на якість насіння гірчиці в умовах північно-східного Лісостепу України. *Таврійський науковий вісник*. 2022. № 124. С. 10–18.
6. Рожков А.О., Чигрин О.В., Воропай Ю.В., Ольховський Д.Є. Урожайність і посівні якості гірчиці білої залежно від обробки насіння фізіологічно активними препаратами. *Селекція і насінництво*. 2018. Випуск 113. С. 208–217.
7. Воропай Ю.В., Чигрин О.В., Поташова Л.М. Вплив передпосівної стимуляції насіння на продуктивність льону олійного. *Аграрні інновації*. 2024. № 23. С. 32–37.
8. Дегтярьов В.В. Гумус чорноземів лівобережного Лісостепу і Степу України: монографія. Харків: Майдан, 2011. 360 с.
9. Рожков А.О., Пузік В. К., Каленська С.М. Дослідна справа в агрономії: навч. посібник: у 2 кн. – Кн.1. Теоретичні аспекти дослідної справи; За ред. А.О. Рожкова. Х.: Майдан, 2016. 316 с.
10. Український інститут експертизи сортів рослин. Веб-сайт. URL: <https://www.sops.gov.ua> (дата звернення: 18.06.2025).

УДК 574.64 : 631.95 : 633.34

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.144.9>

ІНТЕНСИВНІСТЬ НАКОПИЧЕННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ НАСІННЯМ РОСЛИН СОЇ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ЇХ ЗРОСТАННЯ В АГРОЕКОСИСТЕМІ НА ПЕВНІЙ ВІДСТАНІ ВІД ЛІСУ

Врадій О.І. – к.с.-г.н.,

доцент кафедри екології та охорони навколишнього середовища,

Вінницький національний аграрний університет

orcid.org/0000-0001-7383-3829**Алексеев О.О.** – к.с.-г.н.,

доцент кафедри екології та охорони навколишнього середовища,

Вінницький національний аграрний університет

orcid.org/0000-0001-5807-4932**Матусяк М.В.** – к.с.-г.н.,

доцент кафедри лісового та садово-паркового господарства,

Вінницький національний аграрний університет

orcid.org/0000-0001-8099-7290**Саямон А.В.** – аспірант кафедри екології

та охорони навколишнього середовища,

Вінницький національний аграрний університет

orcid.org/0009-0006-9236-7652

Сучасні агроєкосистеми зазнають значного впливу техногенних, військових та агрохімічних чинників, які призводять до накопичення важких металів у ґрунтах та сільськогосподарській продукції. Однією з критично важливих культур для аграрного сектору України є соя – джерело білка, олії, кормової сировини та компонент харчових продуктів і біопалива. Ураховуючи високий рівень поглинання токсичних речовин соєю, виникає потреба у дослідженні екотоксикологічного стану насіння в залежності від просторового фактору – відстані від лісових масивів, які можуть виступати природними буферами.

У статті висвітлено результати дослідження впливу просторового розташування посівів сої відносно лісових насаджень екотоксикологічний стан зразків, зокрема за вмістом важких металів. Дослідження проводилось в умовах агроєкосистеми Лісостепу Правобережного. Вивчено концентрації свинцю (Pb), кадмію (Cd), цинку (Zn) та міді (Cu) у насінні сої сорту Аполло залежно від відстані (10–1000 м) від лісу. Зразки зерна досліджувались методом атомно-абсорбційної спектроскопії.

Результати показали, що на ближчих до лісу ділянках рівень накопичення токсичних елементів був значно нижчим, ніж на віддалених територіях. Зокрема, концентрація свинцю у зразках, відібраних на 1000 м від лісу, перевищувала гранично допустимі значення у 8,9 раза, тоді як на відстані 50 м – лише в 3 рази. Вміст міді у всіх зонах перевищував ГДК (до 1,87 рази). Показники кадмію залишилися в межах допустимих концентрацій, проте виявлено зростання його рівня на 200 м від лісу. Перевищення вмісту цинку виявлено у трьох з шести зразках, що свідчить про можливе агрохімічне навантаження.

Розраховано коефіцієнти небезпеки для кожного металу та інтегральний індекс НІ, який сягав максимуму на 1000 м (12,48) та був удвічі меншим на 50 м (5,72), що підтверджує захисну роль лісових масивів у стримуванні забруднення агропродукції. Отримані результати можуть бути використані для оптимізації просторової організації агроландшафтів, управління ризиками в агровиробництві, експортної сертифікації продукції (особливо органічної та поп-GMO) та зменшення токсикологічного навантаження на кінцевого споживача.

Ключові слова: соя, зерно, якість, важкі метали, агроєкосистема, ліс, екотоксикологія.

Vradii O.I., Alieksieiev O.O., Matusiak M.V., Saliamon A.V. The intensity of heavy metal accumulation by soybean seeds depending on their growth in the agroecosystem at a certain distance from the forest

Modern agroecosystems are significantly affected by technogenic, military and agrochemical factors, which lead to the accumulation of heavy metals in soils and agricultural products. One of the critically important crops for the agricultural sector of Ukraine is soybean – a source of protein, oil, feed raw materials and a component of food products and biofuels. Given the high level of absorption of toxic substances by soybean, there is a need to study the ecotoxicological state of seeds depending on the spatial factor – distance from forest areas, which can act as natural buffers.

The article highlights the results of a study of the influence of the spatial arrangement of soybean crops relative to forest stands on the ecotoxicological state of samples, in particular, the content of heavy metals. The study was conducted in the conditions of the agroecosystem of the Right Bank Forest-Steppe. The concentrations of lead (Pb), cadmium (Cd), zinc (Zn) and copper (Cu) in the seeds of the Apollo variety of soybean were studied depending on the distance (10–1000 m) from the forest. The grain samples were studied by atomic absorption spectroscopy. The results showed that in areas closer to the forest, the level of accumulation of toxic elements was significantly lower than in remote areas. In particular, the concentration of lead in samples taken 1000 m from the forest exceeded the maximum permissible values by 8.9 times, while at a distance of 50 m – only 3 times. The content of copper in all zones exceeded the MPC (up to 1.87 times). Cadmium levels remained within permissible concentrations, but an increase in its level was detected 200 m from the forest. Excess zinc content was detected in three out of six samples, indicating a possible agrochemical load.

Hazard coefficients were calculated for each metal and the integral index HI, which reached a maximum at 1000 m (12.48) and was half as high at 50 m (5.72), confirming the protective role of forests in containing agricultural pollution. The results obtained can be used to optimize the spatial organization of agricultural landscapes, manage risks in agricultural production, export certification of products (especially organic and non-GMO) and reduce the toxicological load on the end consumer.

Key words: soybean, grain, quality, heavy metals, agroecosystem, forest, ecotoxicology.

Постановка проблеми. Соя є надзвичайно важливою культурою в Україні завдяки поєднанню високої економічної вигоди, агротехнічної користі для ґрунтів і значення для екологічно сталого сільського господарства. Її потенціал в умовах змін клімату та сучасних викликів лише зростає [6].

Соя – одна з найцінніших олійних і білкових культур у світі. Вона має високий вміст білка (до 40%) та олії (до 20%), що робить її ключовою культурою для: тваринництва (шрот, жом); харчової промисловості (соеве молоко, м'ясо, масло); біоенергетики (соева олія як сировина для біодизелю) [8].

Україна входить до ТОП-10 світових експортерів сої. Найвищі врожаї – у Центральному, Північному та Східному Лісостепу, а також на півдні Західної України. Експорт сої і соєвого шроту – важливе джерело валютних надходжень [4].

Вирощування сої має стратегічне значення для аграрного сектору України з огляду на її економічну, екологічну та агротехнічну цінність. Економічне значення, полягає у тому, що Україна входить до топ-10 світових експортерів сої. Основні імпортери – ЄС, Туреччина, Китай [10].

Соя є прибутковою культурою завдяки високому попиту на зерно, шрот і олію. Соевий шрот широко використовується як високобілковий корм. Агротехнічні переваги полягають у тому, що соя здатна фіксувати атмосферний азот через симбіоз із бульбочковими бактеріями, що покращує родючість ґрунту. У сівозміні соя залишає після себе ґрунт, збагачений органічними речовинами й азотом. Посухостійкість нових сортів дозволяє вирощувати сою в різних кліматичних зонах, включаючи південь України [2].

Екологічна важливість сої полягає в тому, що знижуються потреби в азотних добривах завдяки природній фіксації азоту. Соя пригнічує бур'яни й не потребує

великої кількості ЗЗР у порівнянні з іншими культурами. Підвищення стійкості агроєкосистем до кліматичних змін завдяки гнучкості вирощування також є перевагою вирощування сої. Соя – важливе джерело рослинного білка, що може замінювати тваринні білки у харчовій промисловості [3].

В умовах війни та зміни логістичних маршрутів вирощування сої всередині країни зменшує залежність від імпорту кормів. Так, в умовах війни та обмеженого доступу до добрив соя стає економічно вигіднішою за інші олійні культури (ріпак, соняшник). Попит на без-ГМО сою в ЄС дає Україні експортні переваги (багато виробників мають відповідні сертифікати) [5]. Проблема глобального потепління стимулює перехід до ресурсощадних культур, а соя – одна з них. Площа посівів сої за 2024 рік склала приблизно 1,4 млн га, урожайність – 2,5–3,1 т/га (у гарних господарствах). Основні області вирощування сої – Вінницька, Черкаська, Полтавська, Хмельницька, Житомирська, частка експорту > 60% від виробленого обсягу, а попит на світовому ринку – стійке зростання (особливо в ЄС і Азії). Вирощування сої в Україні – це не лише аграрна доцільність, а й стратегічна перевага, яка відповідає викликам сучасного ринку, зміни клімату та економічної нестабільності. В умовах воєнного та післявоєнного відновлення соя залишається ключовою культурою сталого землеробства та експорту [7].

Проблема забруднення агроєкосистем важкими металами зростає в умовах інтенсифікації сільського господарства, військових дій та техногенного навантаження в Україні і спостерігається збільшення вмісту свинцю (Pb), кадмію (Cd), цинку (Zn), міді (Cu) в ґрунтах та можливість їх міграції із ґрунту до зерна сільськогосподарських рослин, в тому числі і сої, що є прямою загрозою для здоров'я людини та тварин. Соя – культура з високою здатністю до акумуляції. Соеві рослини мають розвинену кореневу систему, здатну поглинати важкі метали [9]. Важкі метали можуть накопичуватися в насінні, яке використовується: у харчовій промисловості (соеві продукти, борошно, молоко), у тваринництві (соевий шрот для корму), у біоенергетиці (олія для біопалива). Накопичення токсичних металів у насінні порушує продовольчу безпеку і може призвести до токсичних уражень при тривалому споживанні [11].

До джерел забруднення важкими металами елементів екосистем та агроєкосистем відносять: викиди промислових підприємств, використання пестицидів і мінеральних добрив, забруднені зрошувальні води та ґрунти поблизу автошляхів або промзон. У дослідженнях з регіонів поблизу промзон виявляли перевищення Cd у сої до 0,2–0,3 мг/кг (при нормі $\leq 0,1$ мг/кг згідно з ДСТУ/ЄС). Свинець перевищував норму в зерні, вирощеному ближче ніж 100 м до автошляхів або металургійних комбінатів. Наслідками вживання забрудненого зерна для організму людини можуть бути накопичення в кістках, печінці, нирках свинцю [4]. Свинець токсичний для нервової системи, викликає когнітивні розлади, анемію, порушення розвитку в дітей, має кумулятивний ефект – виводиться повільно. Кадмій токсичний для нирок, викликає остеомаліцію (розм'якшення кісток), є канцерогеном (IARC група 1), впливає на репродуктивну систему. Мідь і цинк у малих дозах – незамінні мікроелементи, але при надлишку – порушують метаболізм, викликають нудоту, блювання, ураження печінки [12].

Отже, соя, вирощена на забруднених територіях, може накопичувати небезпечні концентрації важких металів. Регулярне вживання такого зерна загрожує порушеннями здоров'я, особливо нирок, печінки, нервової системи. Моніторинг екоотоксикологічного стану сої є критично важливим для продовольчої безпеки, особливо в умовах індустріального чи військового навантаження на агроєкосистеми [13].

Екотоксикологічний аналіз – ключ до безпечної агропродукції. Відповідно до Гігієнічного нормативу ДСанПіН 8.8.1.2.3.4-000-2001, встановлені гранично допустимі концентрації важких металів у продуктах харчування: Pb – до 0,2 мг/кг; Cd – до 0,05 мг/кг; Cu – до 10 мг/кг; Zn – до 50 мг/кг. Дослідження допомагає: виявити небезпечні ділянки вирощування; зпрогнозувати вплив забруднення на врожай і його безпечність; рекомендувати фіторемедіаційні, агротехнічні або хімічні заходи зменшення токсичності. Контекст воєнного часу посилює актуальність цього дослідження. Внаслідок обстрілів, згорілої техніки, використання вибухових речовин на полях уражаються ґрунти і водойми; накопичуються токсичні речовини в агрокультурах, включно з соєю; зерно сої може стати об'єктом експортного контролю. Європейські споживачі, які закуповують українську сою, вимагають сертифікати якості і підтвердження відсутності токсичних речовин [3]. Дослідження забезпечує конкурентоздатність продукції на зовнішніх ринках (особливо non-GMO та organic segment). Дослідження екотоксикологічного стану зерна сої на вміст важких металів є науково обґрунтованою та стратегічно важливою темою, що поєднує проблематику екології, агрономії, безпеки харчових продуктів та сталого розвитку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Міжнародні дослідження (Південний Хунань, Китай) показують, що дослідники виявили значне забруднення Pb (геоіндекс >3) і Cd (>5) у ґрунтах поблизу гірничо-збагачувальних підприємств. Насіння сої містило в середньому 13,9 мг/кг Pb та 2,95 мг/кг Cd Huang et al. [13]. Коріння добре накопичує Cd, а стебла ефективно транспортують Pb, Cd і Zn у вегетативну масу і зерно [16]. Біодоступні форми металів у ґрунті (обмінні) корелюють з їхнім вмістом у сої. Загальний узагальнювальний огляд (MDPI) показує, що за ступенем накопичення металів у сої: Zn > Cd > Cu > Pb розташовується у такій послідовності MDPI-огляд 2022 [15]. Тобто цинк і кадмій поглинаються найінтенсивніше, свинець менш мобільний.

Дослідження українських вчених у зоні Полісся та Лісостепу показують загальні закономірності накопичення важких металів зерном сої: Cd, Pb, Cu, Zn мігрують у систему «ґрунт–рослина» з вираженим вертикальним профілюванням Козьякова Н.О. [16].

Наприклад, Vradii O., Saliamon A. [3, 11. 12] стверджують, що у природних фітоценозах неагарних земель зафіксовано Pb 2,9–3,2 мг/кг, Cd 0,48–0,51 мг/кг, Zn 11–18 мг/кг. Метали накопичуються навіть без перевищення ГДК у ґрунті. Механізми міграції важких металів для багатьох рослин залишаються релевантними для агроєкосистем поряд із лісом.

Мета дослідження – встановити залежність між інтенсивністю накопичення важких металів (Pb, Cd, Cu, Zn) у насінні сої та просторовим розташуванням рослин у межах агроєкосистеми, зокрема відстанню до лісової межі в умовах Лісостепу правобережного. Дослідження спрямоване на: визначення рівня забруднення насіння важкими металами; оцінку впливу буферної функції лісових насаджень; виявлення просторових закономірностей у накопиченні токсикантів.

Матеріали та методи досліджень. Насіння сої для досліджень відбирали на площі агроєкосистеми, що включає в свій склад широколистяний ліс експлуатаційного призначення з переважаючими дубовими та дубово-грабовими насадженнями з переважанням твердолистяних порід, зокрема дуба та граба, що розташовані у південно-західній експозиції схилів, де більше тепла, що і зумовлює зростання даних порід дерев з висотою дерев 16-25 метрів та агроценоз, що включає в себе поле площею 33 га, на якому основною культурою, яку вирощують є соя сорту Аполло,

Seed Graine Company, Канада. Попередником була озима пшениця сорту Кубус, що розташовані в селі Плебанівка Жмеринського району Шаргородської міської громади Вінницького району (48°47'39" пн. ш. 28°00'36" сх. д.). Перед посівом основної культури (сої) було проведено дискове лушення попередника озимої пшениці дисковою бороною АГ-2.4. В 1 декаді листопада проведено оранку на глибину 18-20 см. При настанні фізичної спілості ґрунту проведено закриття вологи. Норма висіву сої 140 кг/га з одночасним внесенням мінеральних добрив сульфат амонію у нормі 100 кг/га. Збір насіння сої відбувався у жовтні місяці 2024 року.

Визначення важких металів у насінні сої проводилося за допомогою методу атомно-абсорбційної спектроскопії, який полягає у визначенні наявності та концентрації різних хімічних елементів шляхом поглинання атомами цих елементів квантів світла певних довжин хвиль у Південно-західному міжрегіональному центрі ДУ «Держґрунтохорона». Розбивка ділянки на зони за відстанню від лісу: 10, 50, 100, 200, 500 та 1000 м. У кожній зоні відбирається по 5 зразків рослин сої (насіння).

Виклад основного матеріалу досліджень. За результатами досліджень (табл. 1) у насінні сої, вирощеному на різній відстані від лісу встановлено, що у всіх зразках спостерігається перевищення у 3,5–9 разів. Найменша концентрація: 0,61 мг/кг (50 м), а найвища: 1,78 мг/кг (1000 м). Свинець накопичується інтенсивніше з віддаленням від лісу. Ліс, ймовірно, діє як буфер і затримує частину Pb з повітря або ґрунтової міграції.

Таблиця 1

Концентрація важких металів у насінні сої, мг/кг

№ з/п зразка	Важкі метали							
	Свинець (Pb)	ГДК	Кадмій (Cd)	ГДК	Цинк (Zn)	ГДК	Мідь (Cu)	ГДК
1 (10 м)	0,71	0,2	0,014	0,05	35,25	50,0	16,35	10,0
2 (50 м)	0,61	0,2	0,017	0,05	36,15	50,0	16,10	10,0
3 (100 м)	0,68	0,2	0,010	0,05	47,15	50,0	15,15	10,0
4 (200 м)	0,74	0,2	0,032	0,05	55,10	50,0	16,63	10,0
5 (500 м)	1,71	0,2	0,015	0,05	52,31	50,0	16,03	10,0
6 (1000 м)	1,78	0,2	0,020	0,05	65,35	50,0	18,72	10,0

У жодному зразку не зафіксовано перевищення ГДК по кадмію. Значення варіюють від 0,010 до 0,032 мг/кг. Найвища концентрація: зразок 4 (200 м) – 0,032 мг/кг. Вміст Cd у межах норми, ризик низький, але варто продовжити моніторинг, особливо в зонах, близьких до техногенних джерел.

По цинку присутнє перевищення ГДК у 3-х зразках: №4 (55,10 мг/кг), №5 (52,31 мг/кг), №6 (65,35 мг/кг). Найвища концентрація – 65,35 мг/кг (1000 м), що на 30% вище за норму. У віддалених ділянках спостерігається накопичення Zn, можливо, через розораність, менший буферний вплив лісу або особливості ґрунту. По міді усі зразки перевищують норму, іноді майже вдвічі. Найвищий показник: 18,72 мг/кг (1000 м).

Нами розрахований коефіцієнт небезпеки важких металів у зерні сої (табл. 2), що демонструє оцінку ступеня небезпечності елемента-забруднювача. За нормальних умов коефіцієнт небезпеки має бути меншим або рівним 1. Визначається за формулою:

$$K_{нб} = \frac{Ci}{ГДК_i} \geq 1 \quad (1)$$

де C_i – концентрація i -тої забруднюючої речовини, мг/кг; ГДК $_i$ – гранично допустима концентрація i -тої забруднюючої речовини, мг/кг.

Таблиця 2

Коефіцієнт небезпеки важких металів

Відстань від лісу	Pb (свинець)	Cd (кадмій)	Zn (цинк)	Cu (мідь)
10 м	3,55	0,28	0,70	1,64
50 м	3,05	0,34	0,72	1,61
100 м	3,40	0,20	0,94	1,52
200 м	3,70	0,64	1,10	1,66
500 м	8,55	0,30	1,05	1,60
1000 м	8,90	0,40	1,31	1,87

Свинець (Pb) у всіх зразках значення КН значно перевищує 1 (до 8,9 на 1000 м), що свідчить про високий токсикологічний ризик. Найнижче навантаження – біля лісу (3,05–3,55), найвища небезпека – на 500–1000 м.

Кадмій (Cd) – усі показники менші за 1, отже, гострої небезпеки немає, але максимальне значення на 200 м (0,64) свідчить про необхідність подальшого моніторингу.

По цинку (Zn) значення перевищують 1 на відстанях 200 м, 500 м, 1000 м (максимум 1,31), що вказує на ймовірний екотоксикологічний ризик у віддалених зонах.

Мідь (Cu) у всіх точках КН > 1, що свідчить про стабільне перевищення допустимого рівня. Найвищий показник – 1,87 на 1000 м.

Свинець та мідь – критичні елементи, що становлять реальну токсикологічну загрозу в усіх точках, особливо на віддалених ділянках від лісу.

На основі розрахунку інтегрального індексу небезпеки (ІІ) – суми коефіцієнтів небезпеки (КН) для чотирьох металів (Pb, Cd, Zn, Cu) – отримано значення відображені у табл. 3 та на рис. 1.

Таблиця 3

Інтегральний індекс небезпеки

Відстань від лісу	Pb	Cd	Zn	Cu	ІІ (сума КН)
10 м	3,55	0,28	0,70	1,64	6,17
50 м	3,05	0,34	0,72	1,61	5,72
100 м	3,40	0,20	0,94	1,52	6,06
200 м	3,70	0,64	1,10	1,66	7,10
500 м	8,55	0,30	1,05	1,60	11,50
1000 м	8,90	0,40	1,31	1,87	12,48

Найнижчий загальний ризик ($ІІ \leq 6,2$) – на відстанях 10–100 м від лісу. Тут діє буферна роль лісу, яка зменшує надходження токсикантів у зерно. Максимальний рівень токсикологічного ризику спостерігається на 500–1000 м – ІІ сягає 11,5–12,5, що майже вдвічі вище, ніж біля лісу.

Високі значення Pb та Cu є основними причинами зростання інтегрального ризику, що робить необхідним контроль цих металів у віддалених агроділянках.

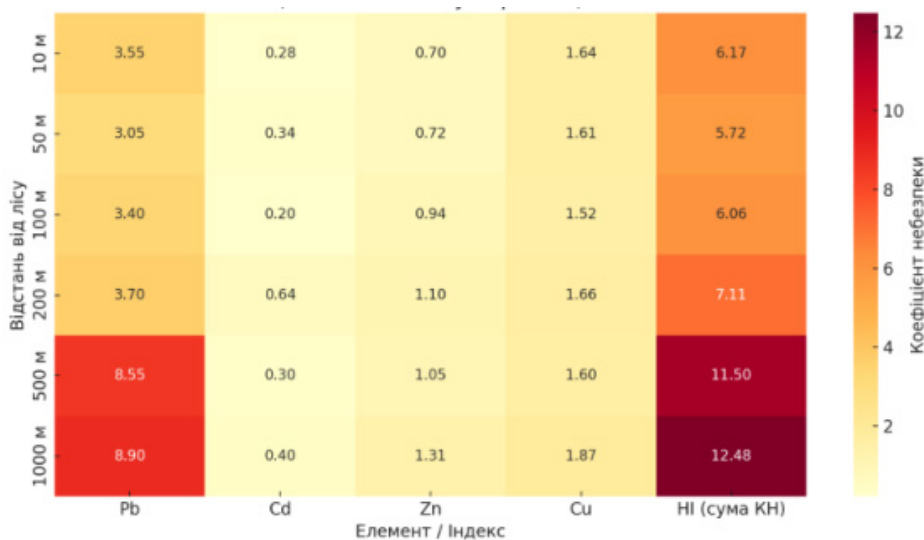


Рис. 1. Теплова карта коефіцієнта небезпеки та загального індексу HI (важкі метали у зерні сої)

Практичне значення HI: цей показник може бути використаний як критерій безпечності для сортування партій зерна сої, особливо при експорті або виробництві продуктів дитячого харчування.

Висновки і пропозиції. Систематичне перевищення свідчить про можливе агротехнічне або техногенне джерело накопичення (наприклад, використання фунгіцидів, мінеральних добрив з вмістом міді).

Свинець і мідь: стабільно перевищують ГДК на всіх відстанях – потребують негайного контролю. Цинк: перевищення в 3 з 6 точок, також потребує обмеження/відновлення. Кадмій: в межах норми, але моніторинг рекомендовано продовжити. Залежність: чим далі від лісу – тим вище концентрація металів, тобто ліс виконує буферну/захисну функцію.

Лісові насадження дійсно виконують буферну функцію, обмежуючи міграцію і накопичення Pb, Cu та Zn у зерні сої. Соя, вирощена далі ніж 200 м від лісу, потенційно небезпечна для харчового використання без попереднього очищення або сортування.

Як пропозицію при плануванні розміщення посівів сої в агроекосистемах варто враховувати розташування відносно лісу як важливий екологічний фільтр, що знижує токсичне навантаження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Pantsyрева Н., Aliksieiev O., Tsyhanska O., Vradii O., Honchar M. Formation of qualitative indicators of chickpea seed production under climatic changes in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science (IJEES)*. 2025. Vol. 15 (2). P. 51–54. <https://doi.org/10.31407/ijeess15.207>
2. Vradii O., Mudrak H., Aliksieiev O. Application of biological preparations on the crops of perennial leguminous grasses as a means of providing soils with atmospheric nitrogen. In: *Ecology, Biotechnology, Agriculture and Forestry in the 21st*

century: problems and solutions. Monograph. Edited by S. Stankevych, O. Mandych. Estonia. Tallinn: Teadmus OÜ, 2024. P. 252–269.

3. Vradii O., Saliamon A. Influence of location of forests on agrochemical and toxicological indicators of soil fertility in agroecosystems. In: *Agroecology, agriculture, forestry and horticulture in the 21st century: problems and solutions*. Monograph. Edited by S. Stankevych, O. Mandych. Tallinn: Teadmus OÜ, 2025. P. 139–154.

4. Первачук М.В., Врадій О.І. Інтенсифікація процесу фіксації атмосферного азоту під впливом мікробних препаратів на посівах багаторічних бобових трав. *Сільське господарство та лісівництво*. 2016. № 4 (1). С. 220–230.

5. Врадій О.І. Застосування біологічних препаратів на посівах багаторічних бобових трав як засіб забезпечення ґрунтів атмосферним азотом. *Сільське господарство та лісівництво*. 2017. № 6. Т. 1. С. 149–158.

6. Врадій О.І. Біологічні препарати як чинник посилення мікробіологічної діяльності агрофітоценозу бобових культур. *Сільське господарство та лісівництво*. 2017. Вип. № 7. Т. 1. С. 220–230.

7. Мазур В.А., Врадій О.І. Моніторинг забруднення ґрунтів важкими металами науково-дослідної ділянки в НДГ «Агрономічне» Вінницького національного аграрного університету. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019. № 2 (13). С. 16–24.

8. Ткачук О.П., Врадій О.І. Баланс поживних речовин у ґрунті при вирощуванні зернобобових культур. *Екологічні науки*. 2022. № 2 (41). С. 43–47. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.2-41.7>

9. Ткачук О.П., Врадій О.І. Параметри кореневих систем бобових багаторічних трав як чинник впливу на агроекологічний стан ґрунту. *Екологічні науки*. 2023. № 1 (46). С. 153–161. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.1-46.25>

10. Aliksieiev O.O., Vradii O.I. Organic agriculture as an element of soil preservation and restoration. *Сільське господарство та лісівництво*. 2023. № 3 (30). С. 228–239.

11. Врадій О.І., Салимон А.В. Вплив розташування лісів на агрохімічні показники родючості ґрунту в агроєкосистемі. *Український журнал природничих наук*. 2024. № 9. С. 218–225. <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.9.2024.22>

12. Врадій О.І., Салимон А.В. Екотоксикологічна оцінка ґрунтів агроєкосистеми Лісостепу Правобережного. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2024. Вип. 138. С. 397–403. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.138.47>

13. Врадій О.І., Алексєєв О.О., Салимон А.В. Біотичні показники росту і розвитку сої залежно від її розміщення в агроєкосистемі на певній відстані від лісу. *Вісник Сумського національного аграрного університету. (Агрономія і біологія)*. 2025. Вип. 1 (59). С. 51–56. <https://doi.org/10.32782/agrobio.2025.1.7>

14. Huang et al., 2013 (Hunan): аналіз geo-index і НАП у сої. URL: pubmed.ncbi.nlm.nih.gov (дата звернення: 20.11.2024 р.).

15. MDPI-огляд 2022: порівняння коефіцієнтів накопичення металів у сої. URL: mdpi.com (дата звернення: 17.12.2024 р.).

16. Козьякова Н.О., 2002: базові механізми переносу Cd, Pb, Cu, Zn у ґрунто-рослинній системі Полісся/Лісостепу. URL: journal-grain-crops.com (дата звернення: 7.02.2025 р.).

УДК 633.11:631.95: 631.81

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.144.10>

ВПЛИВ ТРИАЗОЛЬНИХ РІСТ-РЕГУЛЮЮЧИХ СПОЛУК НА ПОКАЗНИКИ ОНТОГЕНЕЗУ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

Дерев'янюк Є.П. – аспірант кафедри селекції і насінництва,
Дніпровський державний аграрно-економічний університет
orcid.org/0009-0003-4687-9137

Назаренко М.М. – д.с.-г.н.,
професор кафедри селекції і насінництва,
Дніпровський державний аграрно-економічний університет
orcid.org/0000-0002-6604-0123

Похідні триазолу набувають дедалі більшого значення у сфері оптимізації сучасних агротехнологій завдяки здатності регулювати широкий спектр біохімічних і фізіологічних процесів у рослинах. Вони сприяють збалансованому росту та розвитку культур, підвищують стійкість рослин до стресових чинників навколишнього середовища і забезпечують ефективнішу реалізацію генетичного потенціалу продуктивності. Для сортів Подолянка та Смуглянка був проведений аналіз з визначення характеристик енергії проростання (4 доби) та лабораторної схожості (7 діб) для обробки водним розчином перспективних ріст-регулюючих речовин CAS-64 (калій [1,2,4]триазоло[1,5-с]хіназолін-2-тіол), CAS-79 (калій тетразола[1,5-с]хіназолін-5-тіол) та CAS-67 (5-(2-амінофеніл)-1H-1,2,4-триазол-3-тіолат). Контролем була дистильована вода. Робочі розчини застосовували у концентраціях 0,01%, 0,02% та 0,04%. Пророщування проводили в рулонах фільтрувального паперу. Показники енергії проростання та лабораторної схожості не залежали від генотипу насіння. Основним фактором впливу була концентрація речовини. Вплив концентрації на лабораторну схожість був менш вираженим, ніж на енергію проростання, що свідчить про більш згладжену дію за концентраціями для цього параметра. Найбільш перспективними стимуляторами для підвищення енергії проростання та лабораторної схожості насіння сортів пшениці Подолянка і Співанка є похідні триазолу CAS-64 та CAS-79 у концентрації 0,02%. Застосування більш високих концентрацій (0,04%) є недоцільним через прояв токсичності та значне погіршення досліджуваних показників. Препарат CAS-67 має суттєво менший потенціал для застосування як стимулятор росту через незначний позитивний ефект навіть при найнижчій концентрації (0,01%) та чітку токсичну дію за вищих концентрацій. Отримані результати свідчать про суттєвий потенціал досліджуваних сполук як ефективних стимуляторів росту та розвитку пшениці, що важливо для підвищення початкових показників якості насіння, особливо в разі компенсації його зниженої життєздатності та схожості. Окрім початкового стимулюючого ефекту, виявлено також пролонговану позитивну дію препаратів CAS-64 і CAS-79 на фізіологічні процеси рослин, яка проявляється у підвищенні фотосинтетичної активності у критичну фазу розвитку (колосіння). Це свідчить про перспективність подальшого застосування зазначених сполук для покращення загального стану рослин та потенційного зростання продуктивності пшениці. Слабка сортова компонента варіації дії досліджуваних препаратів забезпечує широку універсальність та ефективність їхнього застосування в різних агротехнологічних схемах.

Ключові слова: пшениця озима, схожість, енергія проростання, триазольна група.

Derevianko Ye.P., Nazarenko M.M. The effect of triazole growth-regulating compounds on the ontogenesis of winter wheat

Triazole derivatives are becoming increasingly important in the field of optimization of modern agricultural technologies due to their ability to regulate a wide range of biochemical and physiological processes in plants. They contribute to balanced growth and development of crops, increase plant resistance to environmental stress factors and ensure more effective implementation of the genetic potential of productivity. For the varieties Podoljanka and Smuglyanka, an analysis was conducted to determine the characteristics of germination energy (4 days) and laboratory germination (7 days) for treatment with an aqueous solution of promising growth regulators CAS-64 (potassium [1,2,4]triazolo[1,5-c]quinazoline-2-thiol),

CAS-79 (potassium tetrazolo[1,5-c]quinazoline-5-thiol) and CAS-67 (5-(2-aminophenyl)-1H-1,2,4-triazole-3-thiolate). Distilled water was used as the control. Working solutions were used in concentrations of 0.01%, 0.02% and 0.04%. Germination was carried out in rolls of filter paper. The indicators of germination energy and laboratory germination did not depend on the genotype of the seeds. The main factor of influence was the concentration of the substance. The effect of concentration on laboratory germination was less pronounced than on germination energy, which indicates a more smoothed effect on concentrations for this parameter. The most promising stimulants for increasing the germination energy and laboratory germination of seeds of wheat varieties Podolyanka and Spivanka are triazole derivatives CAS-64 and CAS-79 at a concentration of 0.02%. The use of higher concentrations (0.04%) is inappropriate due to the manifestation of toxicity and a significant deterioration of the studied indicators. The drug CAS-67 has a significantly lower potential for use as a growth stimulant due to a slight positive effect even at the lowest concentration (0.01%) and a clear toxic effect at higher concentrations. The results obtained indicate a significant potential of the studied compounds as effective stimulants of growth and development of wheat, which is important for increasing the initial indicators of seed quality, especially in the case of compensating for its reduced viability and germination. In addition to the initial stimulating effect, a prolonged positive effect of the preparations CAS-64 and CAS-79 on the physiological processes of plants was also revealed, which is manifested in an increase in photosynthetic activity in the critical phase of development (earring). This indicates the prospects for further use of these compounds to improve the general condition of plants and the potential increase in wheat productivity. The weak varietal component of the variation in the action of the studied preparations provides wide versatility and efficiency of their use in various agrotechnological schemes.

Key words: winter wheat, germination, energy of germination, triazol group.

Постановка проблеми. Похідні триазолу набувають дедалі більшого значення у сфері оптимізації сучасних агротехнологій завдяки здатності регулювати широкий спектр біохімічних і фізіологічних процесів у рослинах. Вони сприяють збалансованому росту та розвитку культур, підвищують стійкість рослин до стресових чинників навколишнього середовища і забезпечують ефективнішу реалізацію генетичного потенціалу продуктивності [1, 3]. У зв'язку із цим важливим є дослідження меж мінливості реакції перспективних сортів пшениці на нові похідні триазолу, що є необхідним для обґрунтування їхнього практичного використання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз наукових публікацій свідчить, що похідні триазолу мають здатність суттєво підвищувати адаптивність культурних рослин до несприятливих умов, таких як посуха, екстремальні температури та атаки патогенних організмів. Відомо, що застосування цих сполук поліпшує формування генеративних органів, сприяючи як кількісному, так і якісному приросту врожаю. Крім того, триазоли здатні покращувати ефективність використання ресурсів – води, мінеральних добрив та інших агрохімікатів, що є важливою перевагою в умовах сучасного ресурсозберігаючого землеробства [5, 6, 9].

Особливе значення використання триазолів має в умовах глобального потепління, оскільки вони допомагають стабілізувати врожайність і забезпечують адаптивність рослин до кліматичних змін [2, 4].

Завдяки поєднанню регуляторних та захисних властивостей, похідні триазолу займають унікальне місце серед засобів агрохімії. Їх виражена фунгіцидна активність забезпечує ефективний захист культур від широкого спектру збудників грибкових захворювань, що додатково підвищує їхню цінність у практичному застосуванні [7, 8].

Метою дослідження було визначити межі мінливості лабораторних параметрів – схожості та енергії проростання насіння – залежно від сорту досліджуваних зразків, типу застосованої похідної триазолу та концентрації речовини, яка використовувалася під час обробки.

Постановка завдання. Дослідження проведено на базі науково-дослідного поля науково-освітнього центру практичної підготовки Дніпровського державного

аграрно-економічного університету. Об'єктом досліджень стали перспективні сорти пшениці озимої Подолянка та Співанка української селекції (м. Дніпро), обрані за результатами попередніх польових випробувань, для котрих було проведено лабораторне дослідження з визначення характеристик енергії проростання (4 доби) та лабораторної схожості (7 діб) після дії водним розчином. Досліджували вплив потенційних стимуляторів росту CAS-64 (калій [1,2,4]триазоло[1,5-с]хіназолін-2-тіол), CAS-79 (калій тетразола[1,5-с]хіназолін-5-тіол) та CAS-67 (5-(2-амінофеніл)-1Н-1,2,4-триазол-3-тіолат) у концентраціях 0,01%, 0,02% та 0,04% на насіння. Контрольним варіантом була дистильована вода. Кожний варіант включав 4 повторності по 50 зерен. Робочі розчини застосовували у концентраціях 0,01%, 0,02% та 0,04%. Пророщування проводили рулоним методом.

Дані були оброблені методом факторного аналізу ANOVA та дискримінантного аналізу для класифікації та групування варіантів. Аналіз проведено за допомогою програмного забезпечення Statistic 10.0 (пакети «базова статистика» та «мультифакторні методи аналізу»).

Виклад основного матеріалу дослідження. Вплив досліджуваних сполук (CAS-64, CAS-79 та CAS-67) на енергію проростання і лабораторну схожість сортів пшениці Подолянка і Співанка характеризується певними закономірностями, які залежать переважно від концентрації речовин, а не від генотипу рослин. Так, у таблиці 1 наведені дані щодо енергії проростання та лабораторної схожості за дії CAS-64 (ярко-виражена гідрофільна сполука).

Встановлено, що загалом енергії проростання та схожість не залежали від генотипу суб'єкту дії ($F = 0,61$; $F_{0,05} = 4,17$; $P = 0,73$), а тільки від концентрації ($F = 219,92$; $F_{0,05} = 2,94$; $P < 0,01$), причому дія на лабораторну схожість відносно більш згладжена за концентраціями, ніж для енергії.

Максимальні показники для обох сортів були зафіксовані при концентрації 0,02 %. Подальше збільшення концентрації до 0,04 % спричиняло суттєве зниження енергії проростання і лабораторної схожості до рівня контролю. Більш чітко виражено диференціація для схожості.

Таблиця 1
Аналіз впливу на енергію проростання та схожість для CAS-64

Сорт	Вода	0,01 %	0,02 %	0,04 %
Енергія проростання				
Подолянка	91,5±0,2 ^a	93,5±0,3 ^b	96,5±0,2 ^c	91,5±0,3 ^d
Співанка	91,0±0,2 ^a	93,0±0,3 ^b	95,5±0,3 ^c	91,0±0,2 ^d
Лабораторна схожість				
Подолянка	91,5±0,2 ^a	92,5±0,2 ^b	96,0±0,3 ^c	91,0±0,3 ^d
Співанка	91,0±0,2 ^a	93,0±0,3 ^b	96,0±0,3 ^c	91,5±0,2 ^d

Примітка: різниця статистично достовірна за факторним аналізом ANOVA за концентраціями при $P_{0,05}$

Аналогічна тенденція спостерігалась за використання CAS-79 (також гідрофільна сполука). У Таблиці 2 показано, що енергія проростання та схожість не залежали від сорту ($F = 0,62$; $F_{0,05} = 4,17$; $P = 0,61$), але на них впливала концентрація CAS-79 ($F = 243,10$; $F_{0,05} = 2,94$; $P < 0,01$), дія на обидва параметри приблизно рівнозначна. При попарному порівнянні жоден з сортів не виділювався.

Таблиця 2

Аналіз впливу на енергію проростання та схожість для CAS-79

Сорт	Вода	0,01 %	0,02 %	0,04 %
Енергія проростання				
Подільська	91,5±0,2 ^a	93,5±0,3 ^b	96,5±0,3 ^c	88,0±0,2 ^d
Співанка	91,0±0,3 ^a	93,5±0,3 ^b	96,0±0,2 ^c	89,0±0,3 ^d
Лабораторна схожість				
Подільська	91,5±0,2 ^a	94,0±0,2 ^b	96,5±0,3 ^c	89,0±0,2 ^d
Співанка	91,0±0,2 ^a	94,0±0,2 ^b	96,0±0,2 ^c	89,5±0,2 ^d

Примітка: різниця статистично достовірна за факторним аналізом ANOVA за концентраціями при $P_{0,05}$

Енергія проростання зростала до концентрації 0,02 % за дії CAS-79, після чого за дії 0,04 % відчувався значимий негативний ефект (в порівнянні з контролем показник знижувався на 2,0 – 3,5 %, що було статистично достовірним). Концентрація показала суттєву токсичність у дії на зерно.

Лабораторна схожість зростала до концентрації 0,02 % за дії CAS-79, після чого за дії 0,04 % відчувався значимий негативний ефект (в порівнянні з контролем показник знижувався на 1,5 – 2,5 %, що було статистично достовірним). Таким чином, в усіх випадках до значимого позитивного ефекту призвела дія CAS-79 0,02 %, дія препарату менш залежить від сорту та якості вихідного матеріалу та є більш вирівняною. Разом з тим різниця між препаратами CAS-79 та CAS-64 статистично недостовірна.

Результати за дії CAS-67 (слабо-виражена гідрофільна сполука) представлені у таблиці 3 показали, що енергії проростання та схожість не залежали від фактору сорту ($F = 0,98$; $F_{0,05} = 4,17$; $P = 0,45$), а лише від концентрації чинника ($F = 34,17$; $F_{0,05} = 2,49$; $P < 0,01$), причому дія на порядок менш чітко диференційована за концентраціями.

Таблиця 3

Аналіз впливу на енергію проростання та схожість для CAS-67

Сорт	Вода	0,01 %	0,02 %	0,04 %
Енергія проростання				
Подільська	91,5±0,2 ^a	92,5±0,3 ^b	87,5±0,3 ^c	81,5±0,2 ^d
Співанка	91,0±0,2 ^a	92,5±0,2 ^b	88,0±0,3 ^c	82,0±0,2 ^d
Лабораторна схожість				
Подільська	91,5±0,2 ^a	93,5±0,3 ^b	89,5±0,2 ^c	82,5±0,3 ^d
Співанка	91,0±0,2 ^a	93,5±0,3 ^b	89,5±0,3 ^c	82,5±0,2 ^d

Примітка: різниця статистично достовірна за факторним аналізом ANOVA за концентраціями при $P_{0,05}$

Загалом енергія проростання зростала у концентрації 0,01 % за дії CAS-67, потім знижувалася нижче контролю за дії 0,02 %, після чого за дії 0,04 % відчувався дуже значимий негативний ефект (в порівнянні з контролем показник знижувався на 9,0 – 10,0 %, що було статистично достовірним). Тобто ця речовина має суттєвий більш токсичний ефект. Позитивний вплив 0,01% більш слабкий за попередні речовини.

Лабораторна схожість зростала за дії CAS-67, різниця була достовірна за дії 0,01%, за дії 0,02 % переважно достовірна гірша, після чого за дії 0,04 % відчувався значимий негативний ефект в усіх випадках (в порівнянні з контролем

показник знижувався на 8,5 – 9,0 %, що було статистично достовірним). Ефект був максимум обмежено-позитивним.

Таким чином, позитивний вплив CAS-67 був слабким і нетривалим, а токсичний вплив – найсильнішим серед досліджених речовин. Дія CAS-67 статистично достовірно відрізнялась від CAS-64 і CAS-79 ($F = 7,54$; $F_{0,05} = 3,49$; $P = 0,01$).

Дискримінантний аналіз підтвердив близькість ефектів CAS-64 та CAS-79 на насіння, групуючи ці сполуки разом і підтверджуючи відсутність достовірних відмінностей між ними. Сполука CAS-67 виокремлюється окремо через її суттєво слабший стимулюючий та виразно негативний ефект при підвищенні концентрацій (рис. 1).

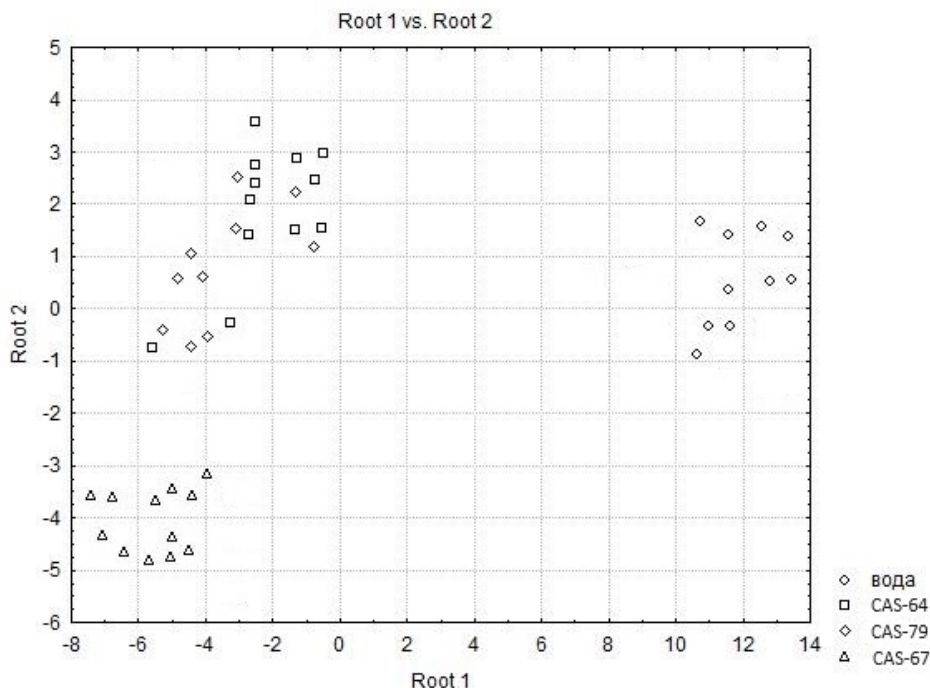


Рис. 1. Результати дискримінантного аналізу за типом речовини

За результатами дослідження по фотосинтетичній активності (таблиця 4), для CAS-64 максимальний позитивний ефект на фотосинтетичну активність спостерігається при концентрації 0,02%, з приростом у порівнянні з контролем приблизно на 5,9% (Подолянка) та 5,3% (Співанка). Концентрація 0,04% різко знижує активність до рівня контролю або навіть нижче. Для CAS-79 найвираженіший стимулюючий вплив зафіксовано також при концентрації 0,02%, з приростом фотосинтетичної активності на 7,2% (Подолянка) та 6,4% (Співанка). Подальше підвищення концентрації до 0,04% аналогічно призводить до суттєвого зниження показника до рівня контролю.

Для CAS-67 максимальний ефект менш виражений та спостерігається при найнижчій концентрації 0,01%, приріст становить лише близько 2%. Подальше підвищення концентрації (0,02% і 0,04%) має негативний вплив, а концентрація 0,04% спричиняє суттєве зниження активності фотосинтезу (до 4,9–5,0% нижче контролю).

Таблиця 4

Аналіз впливу на фотосинтетичну активність у фазі колосіння, тис. мкмоль/см²

Сорт	Вода	0,01 %	0,02 %	0,04 %
CAS-64				
Подільянка	708,5±1,3 ^a	731,5±1,2 ^b	750,5±1,3 ^c	710,5±1,2 ^a
Співанка	716,3±1,2 ^a	738,0±1,3 ^b	754,2±1,2 ^c	709,3±1,3 ^d
CAS-79				
Подільянка	708,5±1,3 ^a	732,5±1,2 ^b	759,3±1,2 ^c	710,4±1,2 ^a
Співанка	716,3±1,2 ^a	739,0±1,2 ^b	762,0±1,3 ^c	715,5±1,2 ^a
CAS-67				
Подільянка	708,5±1,3 ^a	723,5±1,2 ^b	709,1±1,2 ^a	673,4±1,2 ^d
Співанка	716,3±1,2 ^a	724,0±1,2 ^b	715,1±1,3 ^a	672,5±1,2 ^c

Примітка: різниця статистично достовірна за факторним аналізом ANOVA за концентраціями при $P_{0,05}$

Таким чином, за результатами аналізу впливу на фотосинтетичну активність найбільш ефективними є препарати CAS-64 та CAS-79 у концентрації 0,02%, які значно підвищують фотосинтетичну активність сортів Подільянка та Співанка у фазі колосіння. Препарат CAS-67 демонструє слабкий позитивний ефект лише в мінімальній концентрації (0,01%) і має суттєво негативний вплив при її збільшенні.

За результатами дослідження, за стимулюючою дією на насіння виділилися речовини CAS-64 та CAS-79 у концентрації 0,02 %, котрі здатні статистично достовірно покращити показники схожості пшениці озимої та позитивний вплив котрих зберігається до поліпшення фотосинтетичної активності.

Висновки і пропозиції. Таким чином, найбільш перспективними стимуляторами для підвищення енергії проростання та лабораторної схожості насіння сортів пшениці Подільянка і Співанка є похідні триазолу CAS-64 та CAS-79 у концентрації 0,02%. Застосування більш високих концентрацій (0,04%) є недоцільним через прояв токсичності та значне погіршення досліджуваних показників. Препарат CAS-67 має суттєво менший потенціал для застосування як стимулятор росту через незначний позитивний ефект навіть при найнижчій концентрації (0,01%) та чітку токсичну дію за вищих концентрацій. Отримані результати свідчать про суттєвий потенціал досліджуваних сполук як ефективних стимуляторів росту та розвитку пшениці, що важливо для підвищення початкових показників якості насіння, особливо в разі компенсації його зниженої життєздатності та схожості. Окрім початкового стимулюючого ефекту, виявлено також пролонговану позитивну дію препаратів CAS-64 і CAS-79 на фізіологічні процеси рослин, яка проявляється у підвищенні фотосинтетичної активності у критичну фазу розвитку (колосіння). Слабка сортова компонента варіації дії досліджуваних препаратів забезпечує широку універсальність.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Bordes J., Ravel C., Le Gouis J., Lapiere A., Charmet G., Balfourier F. Use of a global wheat core collection for association analysis of flour and dough quality traits. *Journal of Cereal Science*. 2011. 54. P. 137–134.
2. Cann D., Hunt J., Rattey A., Porker K. Indirect early generation selection for yield in winter wheat. *Field Crops Research*. 2022. 282. 108505.
3. Essam F., Badrya M., Aya M. Modeling and forecasting of wheat production in Egypt. *Advances and Applications in Statistics*. 2019. 59(1). P. 89–101.

4. Jaradat A. Simulated climate change differentially impacts phenotypic plasticity and stoichiometric homeostasis in major food crops. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 2018. 30(6). P. 429–442.
 5. Groeneveld M., Grunwald D., Piepho H.P, Koch H.J. Crop rotation and sowing date effects on yield of winter wheat. *The Journal of Agricultural Science*. 2024. 1. P. 1–11.
 6. Miedaner T., Juroszek P. Climate change will influence disease resistance breeding in wheat in Northwestern Europe. *Theoretical and Applied Genetics*. 2021. 134. P.1771–1785.
 7. Sushchenko I. G., Kabar A. M., Kovalenko S. I., Lykholat Y. V., Sayenko A. A. Evaluation of the influence of a new triazole derivative on the period vegetation and 1st phase of growth of creeping clover seeds white (*Trifolium repens* L.). *Ecology and Noospherology*. 2024. 35. P.78–83.
 8. Zhao C., Liu B.; Piao S., Wang X., Lobell D.B., Huang Y., Huang M.T., Yao Y.T., Bassu S., Ciais P. Temperature increase reduces global yields of major crops in four independent estimates. *Proceedings of National Academy of Sciences of USA*. 2017. 114. P. 9326–9331.
 9. Wakatsuki H., Ju H., Nelson G.C., Farrell A.D., Deryng D., Meza F., Hasegawa T. Research trends and gaps in climate change impacts and adaptation potentials in major crops. *Current Opinions in Environment Sustainability*. 2023. 60. 101249.
-

УДК 612.39 : 613.2

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.144.11>

ПЕРСПЕКТИВИ ДОСЛІДЖЕНЬ РОСЛИН І ВИРОБНИЦТВА ФІТОРЕСУРСІВ ЗГІДНО НОВІТНІХ НАПРЯМКІВ: ПЛАНТОЛОГІЯ ТА ПЛАНТОНОМІЯ

Ключевич М.М. – д.с.–г.н.,

професор кафедри здоров'я природи та якості харчових ресурсів,

Державний університет «Житомирська політехніка».

orcid.org/0000-0003-2711-2566

Вигера С.М. – к.с.–г.н.,

доцент кафедри здоров'я природи та якості харчових ресурсів,

Державний університет «Житомирська політехніка»

orcid.org/0000-0002-8846-471X

Можарівська І.А. – к.с.–г.н.,

доцент кафедри здоров'я природи та якості харчових ресурсів,

Державний університет «Житомирська політехніка»

orcid.org/0000-0003-0564-4457

Чумак П.Я. – к.с.–г.н.,

доцент,

Інститут захисту рослин Національної академії аграрних наук України

orcid.org/0000-0002-2053-2341

Сучасні систематики та класифікації засвідчують, що всі різновидності органічного світу орієнтовно включають більше 3 млн. видів, які віднесені до шести царств (Віруси – *Virus*, Археї – *Archaea*, Бактерії – *Bacteria*, Гриби – *Fungi*, Рослини – *Plantae*, Тварини – *Animalia*). Згідно інноваційних напрямків віталогія та вітатеррологія всі вони приймають участь у життєвих процесах планетарного рівня за класичною схемою: продуценти – консументи – редуценти. Серед них найбільш важливе життєве значення має царство рослини (*Plantae*), адже їх різновидності є основними продуцентами та джерелом життєвих процесів природи планети Terra (Земля), продукуючи органічну речовину в різних проявах, кисень і, відповідно, збалансоване повітря тощо [1].

Згідно класичної схеми живлення органічного світу: “тритрофіки життя за науковим принципом: продуценти-консументи-редуценти” (лат. “tritrophy vitae: auctores – consumers – reducers”), рослини займають домінуюче значення на всіх рівнях організації біосфери, тропосфери, екосфери та вітасфери загалом в межах планети Terra [1].

У своїй сутності продуценти, а це в абсолютній більшості рослинний світ, є джерелом появи та розвитку життєвих процесів для різновидностей органічного світу та, особливо, для людини розумної, зокрема з метою забезпечення здорової їжі для їди в умовах сталого розвитку природного середовища трофічних ланцюжків. Адже вживання страв рослинного походження є найбільш важливою фізіологічною потребою для забезпечення здорового життя людини розумної (*Homo sapiens*). Це є актуальним за рахунок сталого формування та функціонування розмаїття сталих екосистем плантоценозів (фітоценозів) та, особливо, їх якісних харчових ресурсів з метою їди корисної, безпечної і якісної їжі, приготовленої з відповідних харчових продуктів.

Ключові слова: фітореурси, інновації, новітні напрямки, методологія досліджень, плантологія, плантономія.

Kliuchevych M.M., Vyhera S.M., Mozharivska I.A., Chumak P.Ia. Prospects for plant research and production of phytoresources according to the latest trends: plantology and plantonomy

Modern systematics and classifications show that all varieties of the organic world approximately include more than 3 million species, which are classified into six kingdoms (*Virus*, *Archaea*, *Bacteria*, *Fungi*, *Plants*, *Animalia*). According to the innovative areas of vitrology

and vitaterology, they all participate in life processes at the planetary level according to the classical scheme: producers – consumers – reducers. Among them, the kingdom of plants (Plantae) has the most important vital importance. After all, their varieties are the main producers and source of life processes of the nature of the planet Terra (Earth), producing organic matter in various manifestations, oxygen and, accordingly, balanced air, etc.

According to the classical scheme of nutrition of the organic world: “tritrophy of life according to the scientific principle: producers-consumers-reducers” (Latin: “tritrophy vitae: auctores – consumers – reducers”), plants occupy a dominant position at all levels of organization of the biosphere, trophosphere, ecosphere and vitosphere within the planet Terra [1].

In their essence, producers, and this is the vast majority of the plant world, are the source of the emergence and development of life processes for the varieties of the organic world and, especially, for homo sapiens, in particular, to provide healthy food for human consumption in the conditions of sustainable development of the natural environment of trophic chains. After all, the consumption of plant-based foods is the most important physiological need for a healthy life of Homo sapiens. This is relevant due to the sustainable formation and functioning of the diversity of sustainable ecosystems of plant communities (phytocenoses) and, especially, their quality food resources in order to eat healthy, safe and high-quality food prepared from the relevant food products.

Key words: phytorecources, innovations, new directions, research methodology, plantology, plantonomy.

Постановка проблеми. Згідно сучасної вікіпедії на планетарному рівні існує орієнтовно понад 500 000 видів рослин, з яких описано в межах 320 тисяч. Абсолютна більшість описаних видів віднесена до квіткових рослин (в межах 280 тисяч видів). Незважаючи на таке широке розмаїття рослин планетарного рівня, лише в межах декількох тисяч з усіх відомих видів в світі вирощують. Це викликane недостатнім вивченням їх з метою використання в трофічних процесах. Наразі відомо більше 3 млн. видів органічного світу з усіх шести царств планетарного рівня, які приймають участь у природних регулюючих механізмах у т. ч. і за участю рослин згідно класичної схеми: продуценти – консументи – редуценти [5].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Дослідження засвідчують, що на сучасному етапі вкрай актуальним є зміна світогляду на принципі розробки інноваційної методології щодо отримання сталих знань згідно холистичного освітнього та більш наукоємного напрямку – *планетологія*. Таку інноваційну дисципліну вчені лише починають аргументовано обґрунтовувати в Україні. Це викликane тим, що на відміну від науково-освітнього напрямку – *плантологія*, дисципліни: *фітологія* та, особливо, *ботаніка* тривалий період (століттями) широко поширені без поглибленого обґрунтування в освітніх програмах шкіл, коледжів, інститутів, університетів та інших науково-освітніх закладів в межах України.

Мета досліджень. Метою наших досліджень було вивчення зміни світогляду на принципі розробки інноваційної методології щодо отримання сталих знань згідно холистичного освітнього та більш наукоємного напрямку – *планетологія*. Саме такі обґрунтування та дослідження ми проводимо впродовж останніх років.

Матеріали та методи досліджень. Методологія обґрунтування та дослідження успішного і всебічного вивчення наукоємного напрямку – *планетологія*., передбачає впровадження нових термінів. Аналіз інформативних джерел сьогодення засвідчує, що наразі згідно глобально узагальнюючого науково-освітнього напрямку *плантологія* відомими та актуальними дисциплінами в ній на світовому рівні та в Україні є наступні: *систематика та класифікація, еволюційні процеси, морфологія, анатомія, ембріологія, палеоботаніка, географія, гістологія, живлення, фізіологія та фотосинтез рослин, біохімія рослин, фітоценологія, рослинництво, лісівництво, садівництво* тощо.

Виклад основного матеріалу. Згідно науково-освітнього світогляду відомо, що на планетарному рівні століттями і наразі терміни для назв дисциплін аргументовано вводять на основі латинської мови. Оскільки офіційно вона не є державною в жодній країні, її широко вживають в науково-освітньому процесі

практично всіх країн планети *Terra*. Використання цієї мови є надзвичайно аргументованим в екосистемах, де проходять життєві та трофічні процеси органічного світу, зокрема і людини розумної (*Homo sapiens*) за рахунок сталого формування та функціонування територій з рослинним світом [6].

Латинська мова (*Lingua Latina*) була започаткована серед жителів не чисельного племені латин, що проживало на Апеннінському півострові в межах 700-х років до н. е., де дещо пізніше зародився і Рим. Згодом ця мова поширилася також серед жителів різних територій Римської Імперії. Із цього періоду розпочалося поширення латинської мови по всьому світу серед науковців та освітян з метою уніфікованого підходу щодо введення відповідних назв і термінологій в межах біологічних наук, що спостерігається і наразі.

З метою уніфікованого підходу в науковому світі відомий вчений Карл Лінней (1707–1778 рр.) розробив та обґрунтував особливі методи класифікації живих істот, які і нині широко застосовують вчені в біологічних науках. Це особливо запроваджено в назвах видів органічного світу: рослин і тварин, згідно *бінарної номенклатури* (від лат. *binarius* – двійковий), що значить як уніфікована система подвійного найменування видів живих чи викопних істот шляхом використання назви роду та безпосередньо виду на латинській мові. Бінарна номенклатура вперше була опублікована К. Ліннеєм у своїй праці «Види рослин» («*Species Plantarum*», 1753), де всі види подані на латинській мові, що продовжується і нині.

Крім латинської мови в прадавній період розвивалася також і прामова сучасної грецької мови, а саме давньогрецька, яку пізніше також почали використовувати в науково-освітньому процесі світового рівня, що спостерігається і на сьогодні.

Наразі в науково-освітніх інформативних джерелах різних країн світу та України всі різновидності рослинного світу входять до царства рослини (*Plantae*), яке має назву на найбільш наукоємній латинській мові, як і інші всі царства (*Virus* – *Археї* – *Archaea*, *Бактерії* – *Bacteria*, *Гриби* – *Fungi*, *Тварини* – *Animalia*) [7].

Виходячи із наведеної назви царства рослин, логічним є те, що найбільш аргументованим наукоємним та освітнім терміном щодо вивчення всіх різновидностей біорізноманіття планетарного рівня, що входять до складу царства *планта* (*Plantae*) є *плантологія* – *вчення про всебічні особливості формування та функціонування різновидностей рослинного світу в екосистемах планетарного та космічного рівнів*.

Підтвердженням такої аргументації є те, що, згідно латинської, а також англійської й французької термінологій, українське слово «рослини» перекладається як *Plant*, *рослинний світ* – *Plant life*, царство рослин – *Plantae*.

Згідно інших п'яти царств вивчення їх різновидностей також проводиться згідно науково-освітніх напрямків і дисциплін, назви яких подаються на латинській мові, а саме: *вірусологія* (*Віруси* – *Virus*), *археєлогія* (*Археї* – *Archaea*), *бактеріологія* (*Бактерії* – *Bacteria*), *фунгологія* (*Гриби* – *Fungi*), *анімалиологія* (*Тварини* – *Animalia*).

Незважаючи на такий підхід в межах території України століттями і наразі широкого поширення в науково-освітньому напрямку набули декілька поширених термінів щодо всебічного вивчення рослинного світу згідно царства *Рослини* на давньогрецькій мові: ботаніка ((дав.-гр. *βοτανικός* – «той, що стосується трав», від *βότανη* – «трава, пасовисько»); фітологія (дав.-гр. *φυτό* – «рослина» та *λόγος* – «вчення, наука») [8].

На відміну від *фітології* та, виходячи із сутті терміну *ботаніка*, є можливість стверджувати, що їй притаманно вивчати лише різновидності трав, зокрема і таких, що формуються і функціонують в межах пасовищ. Незважаючи на це, ботаніка нині введена в освітній процес як обов'язкова дисципліна в школах,

коледжах, університетах тощо. Це свідчить про те, що вона є найбільш поширеною в Україні як щодо *фітології* так і *плантології*.

Вище наведена методологія та аргументації засвідчують, що нині вкрай актуальним є підготовка відповідних фахівців щодо всебічного вивчення науково-освітнього напрямку про рослинний світ шляхом введення відповідних наук і дисципліни під назвою *планетологія*. Це дозволить готувати фахівців такого профілю, а саме *плантологів*, що є найбільш логічним [9].

Таким чином згідно наведених аргументацій та світогляду, а також з метою всебічного вивчення різновидностей рослинного світу домінантним і найбільш наукоємним освітнім напрямком і дисципліною на державному та законодавчому рівні повинна бути *плантологія*, а надалі в певних умовах *фітологія* та *ботаніка* з метою підготовки на цій основі відповідних фахівців: *плантологів*, *фітологів* і *ботаніків*. Безсумнівним є те, що кількість дисциплін щодо науково-освітнього процесу в майбутньому буде збільшуватися, що спостерігається уже нині, наприклад згідно *агрономії* або ж більш науково аргументовано *плантономії* (*плантокультурології*).

Адже на сучасному етапі уже широко вирощують різновидності рослин не лише в межах поля (агрофітоценозів), а також в умовах теплиць, жилих та інших приміщень, гідропоніки, аеропоніки, вертикальних ферм, космосу (є уже дані) та інших плантоєкосистем, що потребує окремого вивчення не лише за рахунок *агрономії*, а також і більш глобального напрямку – *плантономія* з підготовкою відповідних фахівців щодо вирощування рослин, а саме *плантономів* [7].

Це аргументовано тим, що в основі такого підходу взяті різновидності рослин, які необхідно вирощувати та доглядати в певних екосистемах (плантоценозах), тоді як в умовах *агрономії* – навпаки в першу чергу взято поле (агро), на якому є потреба вирощувати рослини.

В свою чергу, виходячи із того, що кожний вид рослинного світу впродовж свого розвитку має відповідне середовище (ценоз) та специфічну трофіку (процеси живлення), одною із основних функцій *фітології*, на відміну від *ботаніки*, є вивчення особливостей формування та функціонування різновидностей рослинного світу в певних екосистемах (ценозах) [8].

Це нині вивчає такий напрям як *фітоценологія* – вчення про всебічне вивчення фітоценозів в межах відповідних екосистем, зокрема їх класифікація, інвентаризація на планеті *terra*, особливості фізіологічного живлення кожного виду в різних екосистемах та, в певній мірі, контроль цих процесів людиною.

Згідно нашого світогляду більш наукоємною назвою повинна бути не *фітоценологія*, а *плантоценологія* (вчення про закономірності формування та функціонування всіх різновидностей рослин в певних екосистемах або ж ценозах). Саме із таких екосистем людство використовує відповідні різновидності *фітопродукції* для всіх своїх господарських потреб, зокрема як для свого харчування (їди), так і з оздоровчою метою. На жаль, певні інформативні джерела, зокрема, згідно вільної енциклопедії, засвідчують, що фітопродукцію використовують лише з лікувальною метою, що, згідно нашого світогляду, є не логічним. Виходячи із такого підходу, фахівцями даного профілю будуть *фітоценологи*, а більш точніше з наукового світогляду *плантоценологи*. Безсумнівними є те, що ресурси рослинного світу природи на світовому рівні сучасного етапу не задовольняють потребам людства, особливо в харчовому напрямку. Саме тому на світовому рівні виникла одна із найважливіших проблем сучасності, яку необхідно вирішувати негайно, а саме – *Глобальний голод*.

Слід зауважити, що в Україні така проблема практично відсутня щодо харчових ресурсів загалом, але вкрай актуальним є розширення асортименту щодо

виросування різновидностей рослин, які поширені на світовому рівні, особливо плодкових, овочевих, пряно-смакових та інших видів, що відомі в екосистемах тропіків і субтропіків. Такий метод ефективного господарювання є в умовах впровадження аргументованого науково-освітнього напрямку – *екологономія* (вчення про стає екологічно- та економічно-обґрунтоване господарювання в певній екосистемі плантоценозу без негативного впливу на середовище та довкілля).

На жаль в останні роки в ряді країн, особливо в Україні, суттєво збільшені території, де вирощують різновидності рослинного світу, а саме агрофітоценози, або ж більш аргументовано культурні плантоценози (фітоценози) без аргументованого обґрунтування, що суттєво вплинуло на зниження родючості ґрунтів.

На сучасному етапі найбільш поширеними фахівцями щодо вирощування різновидностей рослин є *агрономи*, що, на наш погляд, є недостатньо обґрунтованим, виходячи із вище наведених аргументацій щодо вирощування рослин в інших екосистемах, що відмінні від польових. Це викликано тим, що метою введення в культуру та вирощування різновидностей рослин в першу чергу є правильне їх вирощування відповідними фахівцями згідно розроблених технологій в межах ефективно підготовлених екосистем для цього, а не лише правильне використання поля для вирощування рослин.

Саме тому нами запропонований більш логічний термін щодо особливостей вирощування різновидностей рослин: *плантономія* або ж *фітономія* з подальшою підготовкою відповідних фахівців, а саме *плантономів* або *фітономів* [2].

Особливо актуальним є те, що в останні роки актуальним є суттєве збільшення різновидності екосистем та асортимент місцевих та інтродукованих видів рослин, що вирощують з метою їх використання в різних галузях господарського комплексу, особливо для їди людиною, годівлі тварин, створення фітодизайнових композицій тощо.

Таким чином, виходячи з цього в умовах вивчення особливостей формування та функціонування екосистем рослинного світу, а також підготовки фахівців щодо ефективного формування різновидностей *плантоценозів*, особливо в якості харчових ресурсів, логічно взяти за основу не *поле*, яке має неоднозначне значення на міжнародному рівні, а рослину з її розміщенням для формування та функціонування в певній екосистемі з відповідним живильним середовищем.

Саме таку аргументовану інноваційну методологію наразі розробляють фахівці Державного університету «Житомирська політехніка», засновники ГО «Інститут доброї їжі Україна» і Школи «Філософії їди та природокористування».

Передумовою щодо вирішення такої специфічної проблеми є аналіз сучасного наукового та освітнього процесу в школах, училищах, коледжах, інститутах, університетах та інших закладах освіти в Україні порівняно з всебічним вивченням рослинного світу в інших країнах [3].

Відомо, що наразі знання про рослинний світ отримують в школах України за рахунок вивчення такої дисципліни як *ботаніка*. У подальшому освітні аспекти щодо рослинного світу отримують шляхом вивчення певних розділів згідно дисципліни *біологія і екологія* в 10–11 класах (Рівень стандарту затверджено Міністерством освіти і науки України: наказ № 1407 від 23.10.2017 р.).

У подальшому цю дисципліну вивчають в спеціальних професійних закладах згідно специфічних навчальних програм, які мають суттєве відношення до природничих наук, особливо *агрономічного (плантономічного)*, *біологічного*, *трофологічного*, *екологічного*, а також *вітатералогічного* та *віталогічного* спрямування. Це викликано тим, що рослинний світ є основним джерелом життєвих процесів планетарного, регіонального та місцевого рівнів, за рахунок формування органічної речовини в різних проявах, кисню, збалансованого повітря, харчового та кормового ресурсного потенціалу для отримання відповідних страв для людей та корму для інших різновидностей тваринного світу тощо [4].

Таким чином, в трофіці (*продуценти – консументи – редуценти*) та класичній схемі формування та функціонування різновидностей органічного світу, що на сучасному етапі віднесені до шести царств (*Bipycu – Virus, Arxçi – Archaea, Бактерії – Bacteria, Гриби – Fungi, Рослини – Plantae, Тварини – Animalia*) саме рослини є основним продуцентом і джерелом життя.

Висновки. Викладене потребує зміни світогляду щодо ефективного розвитку освітнього процесу в цьому напрямку шляхом розробки інноваційних навчальних програм про вивчення рослинного світу як в шкільних закладах, так і для професійних, що, в свою чергу, дозволить розширити асортимент рослин для введення їх в культуру з метою сталого та ефективного господарювання особливо в *хомотрофологічному* та *природоохоронному* напрямках.

Можна розширити або ж викинути опис: Навчальні програми для шкіл згідно ботаніки тривалий період включають наступні основні теми щодо вивчення рослинного світу: *Систематика та класифікація рослин; Морфологія та анатомія рослин; Цистологія тощо.*

На жаль ці програми не включають теми, які здатні розширити рівень знань у школярів щодо вирощування різновидностей рослин у відповідних екосистемах і використання їх в різних галузях господарського комплексу, особливо з метою виробництва якісної та безпечної продукції для здорового харчування, а також формування сталих композиційних екосистем в населених пунктах та інших територіях. Отримання таких та інших знань викликане тим, що саме рослинні харчові ресурси здатні забезпечити людей в асортименті та оптимумі здоровими харчовими продуктами для приготування різновидностей страв з метою правильної їди, що є особливо актуальним для вегетаріанців і веганів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Вигера С. М. Природні і культурні фітоценози та принципи контролю їх біорізноманіття : монографія. К.: НУБіП України, 2013. 340 с.
2. Вигера С. М. Природоохоронний контроль культурних фітоценозів: монографія. К.: ЦП “Компринт”, 2015. 398 с.
3. Прецизійні фітотехнології в агропромисловому комплексі України / Л. В. Аніскевич, Д. Г. Войтюк, С. М. Вигера, Н. І. Адамчук, Ф. М. Захарін, С. О. Пономаренко, М. М. Ключевич : монографія. Київ : НУБіП України. 2019.
4. Вигера С. Концепція гармонійного розвитку Трофології, Вітатералогії та Віталогії: препринт. Київ: ЦП «Компринт», 2021. 77 с.
5. Ключевич М. М., Осовець Ю. В. Вплив сівозмінного фактора та систем удобрення на розвиток хвороб жита озимого в умовах Полісся. *Вісник ПДАА*. 2010. № 4. С. 70–74.
6. Вигера С. М., Ключевич М. М., Ковальчук Р. Л. Інновації в освітньому процесі щодо сталого розвитку фітоценозів Поліського краю. Тези Міжнародної наукової інтернет-конференції ІСГП НААН "Теоретичні та практичні аспекти розвитку хмелярської науки", присвячена 100-річчю створення Волинської дослідної станції хмелярства, 10 липня 2024 року. Житомир: ІСГП НААН, 2024. С. 42–44.
7. Закон України про рослинний світ (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1999, № 22-23, ст.198).
8. Ключевич М. М., Вигера С. М., Можарівська І. А., Ковальчук Р. Л. Теоретичні аспекти інноваційного світогляду щодо наук про царство рослин. *Moderní aspekty vědy: LIH. Díl mezinárodní kolektivní monografie / Mezinárodní Ekonomický Institut s.r.o.. Česká republika: Mezinárodní Ekonomický Institut s.r.o., 2025. P. 184–194.*
9. Ключевич М. М. Тритикале – перспективна культура для органічного виробництва. *Перспективи розвитку рослинницької галузі в сучасних економічних умовах* : зб. тез Міжнар. наук.-практ. конф., присвяч. 50-й річниці від початку розвитку рисівництва в Україні, 6–8 серп. 2013 р. Скадовськ : Інститут рису НААН, 2013. С. 111–112.

УДК 631.559:635.652

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.144.12>

МОРФОМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ РОСЛИН АГРОЦЕНОЗУ КВАСОЛІ ЗВИЧАЙНОЇ В ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Кононенко Л.М. – к.с.-г.н.,

доцент кафедри рослинництва імені О.І. Зінченка,

Уманський національний університет МОН України

orcid.org/0000-0001-7037-2692

Бобров В.С. – аспірант кафедри рослинництва імені О.І. Зінченка,

Уманський національний університет МОН України

orcid.org/0009-0006-4881-8946

У статті представлені результати досліджень морфометричних показників та урожайності сортів квасолі звичайної на придатність до механізованого збирання. Дослідженнями встановлено, що сорт Щедра мав висоту всього 40,5 см; сорти Мавка, Буковинка та Подолянка – 62,6 см, 53,9 та 53 см відповідно. Висота прикріплення нижнього бобу найвищою була у сорту Мавка – 16,3 см. У сортів Щедра, Буковинка та Подолянка відповідно середньому на 2,2 – 1,7 см нищі. Укорочене стебло від першого плодоносного вузла до верхівки є небажаною морфологічною ознакою, яка зменшує кількість продуктивних вузлів, бобів і зерен на рослині, в результаті чого знижується урожай в процесі збирання. З'ясовано, що сорти також різнилися і за кількістю гілок та міжвузлів. Найбільша кількість міжвузлів була у сорту Буковинка – 19,4 шт., Подолянка – 18,7 шт., Щедра – 17,4 шт., найнища у сорту Мавка – 12,7 шт. Кількість гілок у зазначених сортах становила відповідно 3,0 та 3,3 шт. Сорти Мавка та Щедра мали гілок 3,5 та 4,2 шт. Відстань від ризосфери до кінчика нижнього бобу є показовою ознакою сорту у механізованому збиранні культури. Результати досліджень засвідчують, що найбільша відстань 7,2 см була у сорту Подоляночка та 7,0 см у сорту Мавка. Сорти Щедра та Буковинка мали відстань 4,5 см та 6,8 см від поверхні ґрунту. Найбільш продуктивним виявився сорт Подолянка – 3,31 т/га, кількість бобів на рослині – 23,5 шт. з 5,1 шт. зерен. Найнища врожайність отримана у сорту Буковинка – 2,45 т/га, кількість бобів на рослині – 23,1 шт. з 4,8 шт. зерен у бобі. Сорти Щедра та Мавка сформували урожайність зерна 2,72–2,51 т/га відповідно з 21,3 та 26,7 шт. бобів на рослину з 4,6 – 5,4 шт. зерен у бобі. Всі параметри є вирішальними у визначенні придатності сорту до прямого комбайнування та до обмолоту зерна квасолі звичайної (*Phaseolus vulgaris* L.).

Ключові слова: сорти, квасоля звичайна, морфометричні показники, урожайність.

Kononenko L.M., Bobrov V.S. Morphometric indicators of plants of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L) agrocenosis in the Right-bank Forest-step of Ukraine

The article presents the results of studies of morphometric indicators and yield of common bean varieties for suitability for mechanized harvesting. The studies established that the Shchedra variety had a height of only 40.5 cm; the Mavka, Bukovynka and Podolyanka varieties – 62.6 cm, 53.9 and 53 cm, respectively. The height of attachment of the lower bean was the highest in the Mavka variety – 16.3 cm. In the Shchedra, Bukovynka and Podolyanka varieties, respectively, it was 2.2 – 1.7 cm lower on average. A shortened stem from the first fruiting node to the top is an undesirable morphological feature that reduces the number of productive nodes, beans and grains on the plant, as a result of which the yield during the harvesting process decreases. It was found that the varieties also differed in the number of branches and internodes. The largest number of internodes was in the Bukovynka variety – 19.4 pcs., Podolyanka – 18.7 pcs., Shchedra – 17.4 pcs., the lowest in the Mavka variety – 12.7 pcs. The number of branches in the indicated varieties was 3.0 and 3.3 pcs., respectively. The Mavka and Shchedra varieties had 3.5 and 4.2 pcs. branches. The distance from the rhizosphere to the tip of the lower bean is an indicative sign of the variety in mechanized harvesting of the crop. The results of the research show that the largest distance was 7.2 cm in the Podolyanochka variety and 7.0 cm in the Mavka variety. The Shchedra and Bukovynka varieties had a distance of 4.5 cm and 6.8 cm from the soil surface. The most

*productive variety was Podolyanka – 3.31 t/ha, the number of beans per plant – 23.5 pcs. from 5.1 pcs. grains. The lowest yield was obtained from the Bukovynka variety – 2.45 t/ha, the number of beans per plant – 23.1 pcs. with 4.8 pcs. of grains per bean. The Shchedra and Mavka varieties formed a grain yield of 2.72 -2.51 t/ha, respectively, with 21.3 and 26.7 pcs. of beans per plant with 4.6 – 5.4 pcs. of grains per bean. All parameters are decisive in determining the suitability of the variety for direct harvesting and threshing of common bean (*Phaseolus vulgaris* L) grain.*

Key words: varieties, common bean, morphometric indicators, yield.

Постановка проблеми. Головним аспектом сучасного землеробства є виробництво продукції рослинництва за умов обмежених витрат антропогенної енергії та збереження навколишнього середовища від процесів деградації й забруднення. Одним із шляхів розв'язання цих питань є впровадження у виробництво нових сортів сільськогосподарських культур, агроценози яких завдяки значному адаптивному потенціалу забезпечують високий рівень реалізації продуктивності за мінімальних енергетичних витрат і мають позитивний вплив на родючість ґрунту, а також допомагають зменшити викиди парникових газів [1,2,3,4]. Промислове вирощування квасолі звичайної, цінної високобілкової культури, у нашій країні залишається проблемним, незважаючи на те, що вона є традиційною для України і користується високим попитом у населення. Спроби вирощувати її в промислових масштабах в господарствах різних форм власності поки що суттєвих змін не принесли. Квасоля, вирощена у приватних господарствах населення, не завжди відповідає потребам комерційних компаній та переробних підприємств. Проблемою є те, що задля вирощування на продовольче зерно, консервування та сушіння використовують сорти з нестабільною врожайністю та недостатньою технологічністю, зокрема щодо механізованого збирання врожаю.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогодні вирішення таких питань, як виробництва якісного насіннєвого матеріалу квасолі, створення сортів з підвищеною стійкістю до хвороб та шкідників, адаптованих до різних ґрунтово- кліматичних умов України, а також удосконалення елементів технологій вирощування та механізованого збирання культури [5] є вагомими та значущим задля отримання стабільних врожаїв товарних посівів овочевих культур в умовах стрімкого змінення клімату [3,4].

Інтенсифікація процесу органогенезу рослин квасолі звичайної обумовлюється впливом екологічних, едафічних та біотичних факторів [5, 6], але домінуюча роль належить сортам і технології вирощування [7, 2, 8, 9, 10]. Вид квасолі звичайна *Phaseolus vulgaris* L. об'єднує за господарським використанням дві групи сортів: квасоля звичайна (зернова) і квасоля звичайна (овочева). Квасоля зернова належить до луцильної, яку вирощують для одержання стиглого насіння. Така квасоля є типовою зернобобовою культурою. Овочеву квасолю називають ще цукровою або спаржевою. У неї господарське використання мають недоспілі плоди – боби (лопатки) з недоспілим насінням, які споживають у відвареному чи тушкованому виді. Виділяють ще напівцукрову квасолу, що займає проміжне положення між луцильною та цукровою [6].

Розмноження і швидке впровадження у виробництво стійких, адаптованих, високоврожайних сортів є ефективним засобом підвищення врожайності культури за змін клімату. Як зазначає Оліфірович, (2020), однією з головних причин, що стримує широке поширення квасолі, є її не придатність до механізованого збирання врожаю. Автор наголошує, що підсумовуючи результати досліджень наукової спільноти за останні десятиліття, вирішальною ознакою є придатність до прямого комбайнування та до обмолоту насіння квасолі звичайної (*Phaseolus vulgaris* L.),

яка зумовлена морфобіологічною будовою рослин сортів [11]. Придатність рослин квасолі до прямого комбайнування визначається такими ознаками: тип рослини (кущовий або кущовий з нутуючою верхівкою), висота розташування нижнього ярусу бобів на рослині (більше 10 см) [12, 13, 14], висока стійкість до вилягання рослин та висипання насіння з бобів (бал 7), дружність досягання (тривалість періоду дозрівання не більше 7 діб) [15]. Спроможність рослин квасолі до обмолоту обумовлюється незначним травмуванням насіння та забезпечується ознаками: мала або середня крупність насіння (маса 1000 насінин не більше 400 г), ступінь кавітації (не більше $0,9 \cdot 10^{-2}$) [16].

У своїх дослідженнях науковці дійшли висновку, що для квасолі зернового напрямку кущ повинен бути компактним, без схильності до сильного гілкування. Сорти квасолі, занесені до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні, характеризуються висотою рослин не більше 40–60 см, кущовою формою, середньостиглістю, масою 1000 насінин до 300 г і білим забарвленням насіння [17, 18]. Такі сорти рано вступають в фазу плодоношення, більш холодостійкі і невибагливі, з високим прикріпленням нижніх бобів, так як при збиранні комбайном низьке їх прикріплення може призвести до втрати 20% врожаю. За строками досягання сорти квасолі звичайної діляться на ранньостиглі (до 65 днів), середньоранні (65–75 діб), середні (75–85 діб), середньостиглі (85–100 діб), пізні (100–115 діб) і дуже пізні (більше 115 діб). Також важливою ознакою сорту є маса 100 насінин, яка поділяється за групами: дрібнонасінні з масою 100 насінин до 20,0 г, середньонасінні – 20,1–40,0 г, крупнонасінні – понад 40,0 г [17, 6, 19, 20]. Тому, метою дослідження є аналіз сортименту за морфометричними показниками квасолі звичайної, що є основним елементом технології вирощування, яка визначає спроможність культури до механічного збирання.

Методика досліджень. Дослідження проводились на полях Уманського національного університету, які розташовані в Правобережному Лісостепу України. Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем опідзолений важкосуглинковий на лесі з умістом гумусу 3,8%, вміст азоту легкогідролізованих сполук (за методом Корнфілда) низький (105 мг/кг), рухомих сполук фосфору та калію (за методом Чирікова, екстракція 0,5м CH_3COOH) – відповідно підвищений (106 мг/кг) і високий (132 мг/кг), рН KCl –5,7.

Клімат зони розміщення дослідного поля помірно-континентальний, характеризується посушливістю та нестійкими умовами зволоження. На більшій частині регіону ґрунтові води залягають на глибині 12–20 м, внаслідок чого рослини забезпечуються вологою в основному тільки за рахунок атмосферних опадів.

Відмічається тенденція зміни клімату, збільшилася кількість аномалій, тобто погодні умови окремого року стають або аномально посушливими, або навпаки – аномально зволоженими. Гідротермічний коефіцієнт впродовж вегетації рослин квасолі у 2022 р. – 1,3–1,6, у 2023 р. – 0,8 – 2,0, у 2024 р. 2,6–2,9. Аналізуючі умови зволоження років видно, що 2023 рік характеризувався слабкою посухою, але в цілому, були сприятливі умови для вирощування та формування урожаю. 2022 рік був достатньо вологий, а 2024 надмірно вологим, що і дозволило культурі оптимально пройти всі фази органогенезу за чергуванням посух і злив.

Упродовж 2022–2024 років висівали сорти квасолі звичайної внесені до реєстру сортів дозволених для використання на території України. Сівбу проводили у першій декаді травня, широкорядним способом з міжряддям 45 см. Загальна площа ділянки становила – 45,0 м², облікова – 25,2 м². Розміщення ділянок – систематичне, повторність – чотириразова. [20]. Квасоллю вирощували за загальноприйнятою

технологією [21]. У дослідженнях використовували сорти квасолі звичайної створені у мережі наукових установ НААН: *Буковинка* – оригінатор Буковинська дослідно селекційна станція НААН; *Мавка* та *Щедра* ННЦ «Інститут землеробства НААН»; *Подольнка* – Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва;

Статистичну обробку даних проводили з використанням програм «Microsoft Excel 2010» та «Agrostat».

Виклад основного матеріалу дослідження. Найбільш важливими ознаками продуктивності за придатності до механізованого збирання квасолі звичайної є комплексні показники, які мають кількісний вимір та складну генетичну природу. Продуктивність та показники врожайності культури, що пов'язані з формуванням продуктивних вузлів, бобів і насінин на рослині, у повній мірі характеризують довжину головного стебла і довжину від першого плононосного вузла до верхівки. Змінна довжин в ознаках рослин і бобів, зменшує кількість продуктивних вузлів і впливає на застосування технологічних процесів у збиранні культури. Найбільш цінними сортами квасолі для виробництва є кущові, стебла яких мають незначну витку верхівку, оскільки вони придатні до механізованого збирання. Кущові форми квасолі зазвичай мають прямостоячі, розгалужені стебла висотою від 20 до 70 см, а виткі сорти можуть досягати 3-5 метрів. В наших дослідженнях кущові сорти за висотою рослини розподілились на: низькі (< 51 см) – сорт Щедра мав висоту 40,5 см; середні (51-70 см) – сорти Мавка, Буковинка та Подольнка, які мали оптимальну висоту для механічного збирання квасолі (рис.1). Придатність сортів до механізованого збирання – важливий показник, від якого залежать втрати при збиранні і на який впливає не тільки висота рослин, але і висота прикріплення нижнього боба (повинно бути не нижче 6 см). Укорочене стебло від першого плононосного вузла до верхівки є небажаною морфологічною ознакою, яка зменшує кількість продуктивних вузлів, бобів і зерен на рослині, в результаті чого знижується урожай в процесі збирання. Нами було встановлено, що висота прикріплення нижнього бобу найвищою була у сорту у сорту Мавка – 16,3 см (рис. 1). У сортів Щедра, Буковинка та Подольнка відповідно середньому на 2,2 – 1,7 см нищі.

Рис. 1. Морфометричні показники структури урожаю сортів квасолі звичайної, (середнє 2022-2024 рр.)

Проведені спостереження свідчать, що сорти також різнилися і за кількістю гілок та міжвузлів. Найбільша кількість міжвузлів була у сорту Буковинка – 19,4 шт., Подольнка – 18,7 шт., Щедра – 17,4 шт. найнища у сорту Мавка – 12,7 шт. Кількість гілок у зазначених сортів становила відповідно 3,0 та 3,3 шт. Сорти Мавка та Щедра сформували 3,5 та 4,2 шт. гілок.

Щодо відстані від ризосфери до кінчика нижнього бобу відомо, що цей показник також є показовим і характеризує спроможність сорту до механізованого збирання квасолі. Нашими дослідженнями встановлено, що найбільша відстань 7,2 см була у сорту Подольночка та 7,0 см у сорту Мавка. Сорти Щедра та Буковинка цей показник мали на відстані 4,5 см та 6,8 см від поверхні ґрунту. Кожна з вище перерахованих ознак є досить специфічною і потребує відповідних методів селекції культури квасолі звичайної для механізованого збирання [22, 23]. Літературні джерела свідчать, що існує пряма залежність продуктивності від кількості бобів та зерен на рослині у квасолі звичайної. В наукових розробках Січкара, (2002) відзначається, що підвищення продуктивності зі збільшення кількості

зерен на рослині за рахунок кількості бобів є найефективнішим способом [23]. Кількість бобів, зерен та маса їх 1000 шт. теж є важливою ознакою сорту та якості насіння квасолі. За результатами наших досліджень сорти Мавка та Подолянка мали найбільшу масу зерен з рослини – 27,9 та 27,5 г, а маса 1000 шт. становила відповідно 214,8 т 246,1 г. (табл.1). Сорт Щедра мав найнищі зазначені показники, які у досліді становили відповідно 16,6 та 154,6 г. У сорту Буковинка маса зерен з рослини становила 24,6, а маса 1000 шт. насінин 235,1 г.

Таблиця 1

Структурні показники продуктивності агроценозу та ознаки бобів сортів квасолі звичайної, (середнє 2022-2024 роки).

Сорти	Маса, г		Кількість, шт.		Ознаки бобів		Урожайність, т/га
	зерен з рослини	1000 зерен	бобів з рослини	зерен в бобі	довжина см	ширина, см	
Мавка	27,9	214,8	26,7	5,4	17,1	1,1	2,51
Щедра	16,6	154,6	21,3	4,6	17,1	1,1	2,72
Буковинка	24,6	235,1	23,1	4,8	17,1	1,3	2,45
Подолянка	27,5	246,1	23,5	5,1	12,1	1,1	3,31
НіР _{0.05}	6,1	8,3	4.5	0.8	5	0,2	0,9

Куцистість позитивно впливає на урожайність зерна та являється важливим елементом продуктивності квасолі звичайної. Зазвичай на рослинах формується від одного до п'яти продуктивних стебел, що й визначає кількість бобів і насіння в ньому [24]. За результатами наших досліджень сорт Мавка формував 26,7 шт. бобів на рослину, з 5,4 шт. зерену бобі. Сорт Подолянка мав 23,5 шт. бобів на рослину, з 5,1 шт. зерен у бобі. Сорти Буковинка та Щедра мали відповідно 23,1 та 21,3 шт. бобів з рослини з 4,8 та 4,1 шт. зерен у бобах. Слід відмітити, ознаки бобів різнилися, в основному за довжиною: найменш довжина бобу у сорту Подолянка – 12, 1 см, інші досліджувані сорти мали в середньому однакову довжину – 17,1 см. За шириною бобу 1,3 см виділявся сорт Буковинка. Тому кількість та маса бобів на рослинах квасолі є основним комплексом ознак продуктивності культури. У сучасних сортів квасолі на вузлі формується до 3-5 бобів, і чим їх більше, тим врожайним є сорт. За формування врожайності зерна квасолі вагомим чинником були сортові особливості культури. Найвищий показник врожайності (3,31 т/га) зерна встановлено у сорту Подолянка. Середні показники врожайності зерна отримано у сорту Щедра – 2,75 т/га, сорти Буковинка та Мавка мали дещо нищі показники – 2,45 та 2,51 т/га відповідно. Загалом продуктивність квасолі – складна кількісна ознака, обумовлена взаємодією комплексу показників, з яких найбільше значення мають, як кількість насінин у бобі, кількість бобів на рослині та маса насіння з рослини. Висока продуктивність квасолі – результат оптимального взаємо поєднання елементів структури врожаю.

Висновки. Сорти квасолі звичайної різняться, як за морфометричними показниками так і за урожайністю культури. Найбільш продуктивним виявився сорт Подолянка – 3,31 т/га, кількість бобів на рослині – 23,5 шт. з 5,1шт. зерен. Найнища врожайність отримана у сорту Буковинка – 2,45 т/га, кількість бобів на рослині – 23,1 шт. з 4,8 шт. зерен у бобі. Сорти Щедра та Мавка сформували урожайність зерна 2,72 -2,51 т/га відповідно з 21,3 та 26,7 шт. бобів на рослину з 4,6 – 5,4 шт. зерен у бобі. Всі параметри є вирішальними у визначенні придатності сорту до прямого комбайнування та до обмолоту зерна квасолі звичайної (*Phaseolus vulgaris* L.).

Ознака – відстань від поверхні ґрунту до кінчика нижнього бобу найбільша 7,2 см встановлена у сорту Подоляночка та 7,0 см у сорту Мавка. Висота прикріплення нижнього бобу найвищою була у сорту у сорту Мавка – 16,3 см, який формував 26,7 шт. бобів на рослину, з 5,4 шт. зерену бобі, що є показовими чинниками придатності сорту до механізованого збирання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Лихочвор В.В., Петриченко В.Ф., Івашук П.В., Корнійчук О.В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур (120 культур). Львів: НВФ «Українські технології», 2010. 1081 с.
2. Овчарук О. Агроекологічна характеристика сортів квасолі звичайної та їх продуктивність в умовах Західного Лісостепу. Збірник наукових праць Уманського НУС. 2014. Вип. 84. Ч. 1. С. 107-112.
3. Stagnari, F.; Maggio, A.; Galieni, A.; Pisante, M. Multiple benefits of legumes for agriculture sustainability: *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*. 2017. V. 4, No. 2 <https://doi.org/10.1186/s40538-016-0085-1>
4. Bues A, Preißel S, Reckling M, Zander P, Kuhlmann T, Topp K, et al. The environmental Role of Protein Crops in the New Common Agricultural Policy. European Parliament, Directorate General for Internal Policies, Policy Department B: Structural and Cohesion Policies, Agricultural and Rural Development IP/B/AGRI/IC/2012-067; 2013. Access www.europarl.europa.eu/studies.
5. Graham P. H., Ranalli P. 1997. Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Field Crops Res.* 53 (1–3). doi:10.1016/S0378 4290(97)00112.
6. Мазур В. А., Дідур І. М., Ткачук О. П., Панцирева Г. В. Агроекологічна стійкість сортів квасолі звичайної до несприятливих умов вегетації. *Наукові доповіді НУБіП* 2021. № 2 (90). <https://doi.org/10.31548/dopovidi2021.02.006>
7. Мазур О. В., Пороховник І. І. Селекція квасолі звичайної на ранньостиглість і зернову продуктивність. *Сільське господарство та лісівництво*. Вінниця, 2016. № 4. С. 118–124.
8. Галан М. С., Калагурка О. Б., Гук Р. М. Склад колекції квасолі в Інституті сільського господарства Карпатського регіону НААН. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2015. Вип. 58 (II). С. 41–47.
9. Кобизева Л. Н., Безугла О. М., Безуглий І. М. Ефективність використання цінних джерел національної колекції зернобобових культур селекційній практиці. *НЦГРРУ в Селекція і насінництво*. 2011. Вип. 100. С. 172–180.
10. Кобизева Л. Н., Безугла О. М., Тертишний О. В. Потенціал зернобобових культур для створення сортів, придатних до механізованого збирання урожаю. *Селекція і насінництво*. 2012. Вип. 102. С. 10–15.
11. Оліфірович С. Й. Урожайність вітчизняних сортів квасолі звичайної (зернової) в умовах південної частини лісостепу західного. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2020. Вип. 68 (I). С. 162-175. DOI: 10.32636/01308521.2020-(68)-1-12
12. Безугла О. М. Висота розташування бобів на рослині квасолі – важлива селекційна ознака. *Селекція і насінництво*. 1999. Вип. 82. С. 74–78.
13. Дупляк О. Т., Ганіна О. О. Особливості прояву господарсько цінних ознак квасолі звичайної в умовах Північного Лісостепу України. *Селекція і насінництво*. 2009. Вип. 97. С. 113–118.
14. Мазур О. В., Колісник О. М., Телекало Н. В. Генотипні відмінності сортозразків квасолі звичайної за технологічністю. *Сільське господарство та лісівництво*. Вінниця, 2017. № 7. Т. 2. С. 33–39.
15. Іванюк С. В., Глявин А. В. Оцінка сортозразків квасолі звичайної на основі кореляції кількісних ознак та індексів. *Селекція і насінництво*. 2012. Вип. 101. С. 192–197.

16. Безугла О. М. Джерела квасолі звичайної (*PHASEOLUS VULGARIS* L.) за придатністю до механізованого збирання. Генетичні ресурси рослин. 2017. № 21. С. 41–52.
17. Галан М. С., Гук Р. М. Формування та збереження генетичних ресурсів зернобобових та бобових кормових культур в Інституті сільського господарства Карпатського регіону НААН. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2019. Вип. 66. С. 64–84.
18. Овчарук О. В. Продуктивність сортів квасолі в умовах Західного Лісостепу. Наукові доповіді НУБіП. 2014. № 45. Травень. URL: http://nbuv.gov.ua/j pdf/ Nd_2014_3_10.pdf.
19. Основи наукових досліджень в агрономії / В. О. Єщенко та ін. Вінниця, 2014. 332 с.
20. ДСТУ 4794:2007. Квасоля. Технологія вирощування. Загальні умови. Київ : Держстандарт України, 2009. 10 с.
21. Сайко О. Ю. Джерела для селекції квасолі овочевої, придатні до механізованого збирання. Овочівництво і баштанництво. 2012. Вип. 58. С. 269–273.
22. Січкарь В. І. Стан і перспективи селекції зернобобових культур в селекційно-генетичному інституті УААН. Збірник наукових праць селекційно-генетичного інституту Національного центру насіннєзнавства та сортовивчення. Одеса. 2002. Вип. 3 (43). С. 92–103.
23. Ушкаренко В. О., Лавренко С. О., Максимов Д. О. Математичне моделювання врожаю зерна квасолі звичайної (*Phaseolus vulgaris* L.) залежно від технологічних прийомів її вирощування. *Таврійський науковий вісник*. Вип. 99. Херсон : Олді-Плюс, 2018. С. 148–152.

УДК 633.174:631.527:338.43(100+477)

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.144.13>

СОРГО: СВІТОВЕ ВИРОБНИЦТВО ТА СОРТОВИЙ ПОТЕНЦІАЛ В УКРАЇНІ

Корхова М.М. – к.с.-г.н., доцентка,

доцентка кафедри рослинництва та садово-паркового господарства,

Миколаївський національний аграрний університет

orcid.org/0000-0001-6713-5098

Миколайчук В.Г. – к.б.н., доцентка

доцентка кафедри рослинництва та садово-паркового господарства,

Миколаївський національний аграрний університет

orcid.org/0000-0003-0110-6539

Хоненко Л.Г. – к.с.-г.н., доцентка,

доцентка кафедри рослинництва та садово-паркового господарства

Миколаївський національний аграрний університет

orcid.org/0000-0002-5365-8768

Манушкіна Т.М. – к.с.-г.н., доцентка,

доцентка кафедри землеробства, геодезії та землеустрою

Миколаївський національний аграрний університет

orcid.org/0000-0001-5843-271X

У статті наведено значення та аналіз світового виробництва зерна сорго – перспективної для України культури в умовах змін клімату. Дано порівняльну оцінку посівним площам та врожайності насіння культури найбільших країн-виробників. Визначено, що у 2025 р. основними світовими виробниками сорго стали США, Нігерія та Бразилія, яким належить 47% виробництва насіння цієї культури. Встановлено, що головною перевагою збільшення виробництва сорго в країнах світу є підвищення врожайності насіння, про що свідчать показники в Китаї, Аргентині та Австралії, де середня урожайність культури коливається в межах від 4,12 до 4,76 т/га. Визначено, що в Україні площі під сорго скоротилися майже у два рази, а врожайність культури в середньому за 2020-2024 рр. становить лише 2,81 т/га. Однією з основних причин реалізації генетичного потенціалу культури сорго є удосконалення технології вирощування. Використання адаптованих до певних ґрунтово-кліматичних умов сортів і гібридів є необхідною умовою підвищення врожайності культури. Державний Реєстр сортів рослин щорічно поповнюється новими сортами і гібридами сорго і найбільша їх частка – 51%, які внесені за останні п'ять років. Визначено, що із загальної кількості сортів та гібридів сорго звичайного більшу частину – 85,2% становить іноземна селекція і лише 14,8% – українська. В Україні є всі передумови розширення посівних площ та підвищення врожайності зерна сорго. Особливо це стало актуальним з потеплінням клімату та введенням в сівозміну посухостійких культур. Тому виникає необхідність проведення досліджень адаптивних ознак сортів та гібридів сорго звичайного вітчизняної та іноземної селекції з метою добору найбільш пристосованих до умов Півдня України.

Ключові слова: сорго, виробництво насіння, посівні площі, урожайність насіння, сортів та гібридів.

Korkhova M.M., Mykolaichuk V.H., Khonenko L.H., Manushkina T.M. Sorghum: world production and varietal potential in Ukraine

The article presents the significance and analysis of the world production of sorghum grain, a promising crop for Ukraine in the context of climate change. A comparative assessment of the sown areas and seed yields of the crop of the largest producing countries is given. It is determined that in 2025 the main world producers of sorghum will be the USA, Nigeria and Brazil, which account for 47% of the seed production of this crop. It is established that the main advantage of increasing sorghum production in the countries of the world is an increase in seed yields, as evidenced

by indicators in China, Argentina and Australia, where the average crop yield ranges from 4.12 to 4.76 t/ha. It is determined that in Ukraine the area under sorghum has decreased almost twice, and the average crop yield for 2020-2024 is only 2.81 t/ha. One of the main reasons for realizing the genetic potential of sorghum is the improvement of cultivation technology. The use of varieties and hybrids adapted to certain soil and climatic conditions is a necessary condition for increasing crop yields. The State Register of Plant Varieties is annually replenished with new varieties and hybrids of sorghum, and the largest share of them - 51%, was introduced over the past five years. It was determined that of the total number of varieties and hybrids of common sorghum, the majority - 85.2% - is foreign selection and only 14.8% - Ukrainian. Ukraine has all the prerequisites for expanding the sown areas and increasing the yield of sorghum grain. This has become especially relevant with the warming of the climate and the introduction of drought-resistant crops into crop rotation. Therefore, there is a need to conduct research on the adaptive characteristics of varieties and hybrids of common sorghum of domestic and foreign selection in order to select the most adapted to the conditions of Southern Ukraine.

Key words: sorghum, seed production, sown areas, seed yield, varieties and hybrids.

Постановка проблеми. Зміна клімату є однією з найбільших загроз людству, наслідками якої є небезпечні погодні катаклізми, різкі зміни погоди, паводки, повені, сильні вітри, зливи і дощі, град, посухи, що призводять до значних екологічних та економічних збитків у всьому світі. Посилення непередбачуваності погодних умов ставить під загрозу виробництво продовольства в світі [1, 2].

Дані досліджень науковців з усього світу свідчать, що без проведення заходів з адаптації сільського господарства до змін клімату до 2050 року його глобальний масштаб може знизитися до 30% [3].

За результатами досліджень кліматологів встановлено, що за останні дві тисячі років спостерігалися три періоди потепління і три періоди похолодання, останнє з яких завершилося в першій половині XIX століття [4]. Починаючи з другої половини XIX ст. температура повітря стабілізувалася, а наприкінці – почалося потепління, яке до кінця XX сторіччя сягнуло 0,7-0,8 °C. Прогнозують, що температура повітря біля поверхні планети до кінця XXI ст. зросте ще на 2-4,5 °C [5].

Наслідки глобальної зміни клімату стають все більш відчутними і в Україні [6]. Аналіз частоти екстремальних погодних умов, а саме посух, показує тривожну тенденцію їх збільшення. За останні 20 років середньорічна температура зросла на 0,8 °C, а середня температура січня та лютого – на 1-2 °C [7].

У зв'язку зі стрімким потеплінням клімату в усьому світі, слід переорієнтуватися на вирощування більш посухостійких культур (пшениця тверда замість м'якої; нут замість гороху; сорго замість кукурудзи [8, 9].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Культура сорго широко поширена у світі та вирощується у більш ніж 85 країнах. Серед зернових культур, сорго знаходиться на п'ятому місці за обсягами виробництва. Найбільші площі сконцентровано в Африці та Азії, де ця культура є основним продуктом харчування для більш ніж 200 мільйонів людей. Сорго також використовується як корм для тварин і для виробництва біопалива [9].

У зв'язку зі стрімким потеплінням клімату в усьому світі, слід переорієнтуватися на вирощування більш посухостійких культур, до яких і належить сорго. Ця культура легко адаптується до вирощування в різних ґрунтово-кліматичних умовах, в тому числі і до посушливих умов, але сорго добре реагує і на зрошення, навіть за невеличкої норми поливу суттєво збільшується врожайність [10].

Введення сорго в сівозмину також дозволяє скоротити чисельність популяцій нематод. Подовження ротації сівозміни, диверсифікація культур та рівновага між озимими та ярими культурами є ефективним інструментом у контролі бур'янів. Використання сорго як попередника для ярих культур (соняшник, горох, соя)

дозволяє ефективно вирішувати екологічні та агротехнічні проблеми, пов'язані з чергуванням культур у сівозміні [11].

Основний недолік сорго як попередника – ризик поширення фузаріозу у посівах пшениці, висіяної після нього. оскільки захворювання може розвиватися біля стебел сорго, а збудник зберігається на пожнивних залишках з року в рік. На жаль, у країнах СНД ця культура не набула широкого поширення, тому багатьом фермерським господарствам практично невідома. Її вирощують у південних, теплих регіонах України та Казахстану, але, як правило, лише для технічних цілей. При цьому сорго має відмінні харчові характеристики та високу енергетичну цінність. З борошна сорго печуть хліб, різноманітні кондитерські вироби та дитяче харчування [12].

Останнім часом дуже гостро постало питання про заміну звичних джерел палива на альтернативні. Нафтопродукти дорожчають, їх запаси зменшуються, а також сильно забруднюють атмосферу і шкодять здоров'ю людей. На даний момент біологічне паливо не може повністю замінити нафтопродукти, але його розробки ведуться посиленими темпами, і з кожним роком виробництво біопалива стає дедалі доступнішим, вигіднішим та кориснішим для довкілля. Виробництво біопалива можна організувати у країні без залучення імпорتنих поставок [13].

Таким чином, сорго являється однією з найважливіших сільськогосподарських культур, яку вирощують в умовах змін клімату багато країн світу.

Постановка завдання. Метою досліджень передбачали проаналізувати динаміку виробництва зерна сорго в провідних країнах світу за період з 2020 по 2024 рр. та провести аналіз сортів сорго, внесених до Державного Реєстру сортів рослин, придатних до поширення в Україні на 2025 р.

Виклад основного матеріалу дослідження. За даними Американського закордонного агросервісу [14] у 2024/2025 маркетинговому році світове виробництво сорго становить 62,423 млн т зерна (табл. 1).

Таблиця 1

Топ-20 виробників зерна сорго за регіонами світу, 2020-2025 рр.

№ п/п	Країни світу	2020-2023	2024 р.	2025 р.	+/- до 2020-2023 рр.
1	США	8,490	8,730	9,957	+17
2	Нігерія	6,600	6,500	6,900	+5
3	Бразилія	3,880	5,000	4,900	+26
4	Індія	4,700	6,000	4,600	-2
5	Мексика	4,550	4,200	4,300	-6
6	Ефіопія	4,350	4,100	4,100	-6
7	Судан	4,056	3,300	3,300	-19
8	Китай	3,090	3,000	3,100	0
9	Аргентина	2,760	3,500	3,000	+9
10	Австралія	2,290	2,300	2,500	+9
11	Нігер	1,810	1,900	1,910	+6
12	Буркіна Фасо	1,830	1,900	1,900	+4
13	Малі	1,568	1,500	1,500	-4
14	Камерун	1,172	1,200	1,200	+2
15	Болівія	0,990	1,000	1,000	+1
16	ЄС	0,842	1,090	0,975	+16
17	Чад	0,886	0,720	0,950	+7
18	Єгипет	0,770	0,790	0,780	+1
19	Танзанія	0,773	0,800	0,750	-1
20	Південний Судан	0,700	0,650	0,650	-19

Серед 20 найбільших країн виробників перше місце посідає США, де валові збори сорго постійно зростають і у 2025 р. вже становлять 9,957 млн т, що на 17% більше, ніж в середньому за 2020-2023 рр.

Друге місце посідає Нігерія, де щороку збирають 6,500-6,900 млн т; третє – Бразилія з виробництвом зерна сорго 3,880-5,000 млн т; четверте – Індія (4,600-6,000); п'яте – Мексика (4,200-4,550 млн т); шосте – Ефіопія (4,100-4,350 млн т); сьоме – Судан (3,300-4,056 млн т); восьме – Китай (3,00-3,090 млн т); дев'яте – Аргентина (2,760-3,500 млн т) і десяте – Австралія (2,290-2,500 млн т).

В наступну десятку лідерів входить Нігер, Буркіна Фасо, Малі, Камерун, Болівія, ЄС, Чад, Єгипет, Танзанія та Південний Судан.

Частка світового виробництва сорго в розрізі країн у 2025 р. представлено на рисунку 1.

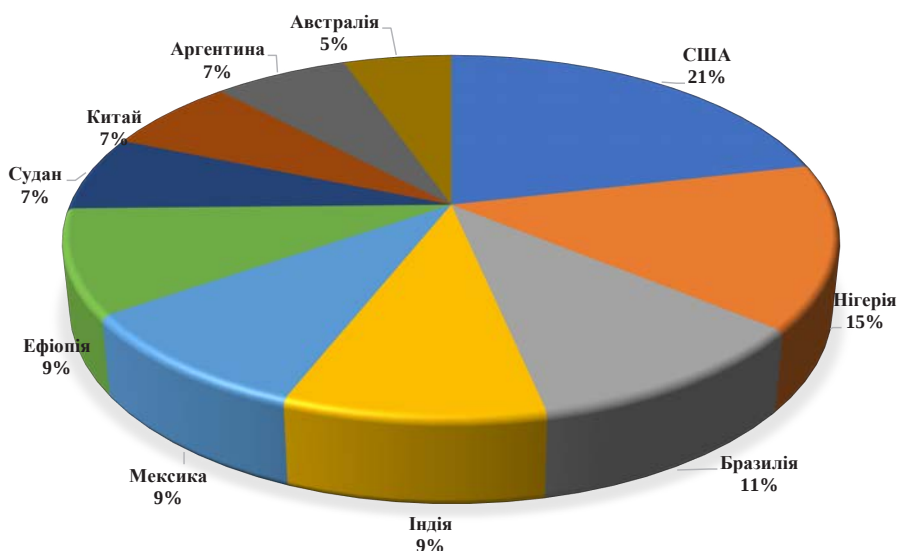


Рис. 1. Частка світового виробництва сорго в розрізі країн, % (2025 р.)

Отже, більшу частку світового виробництва зерна сорго займає США – 21%, Нігерія – 15%, Бразилія – 11%. Частка виробництва зерна сорго в Індії, Мексиці, Ефіопії становить 9%; Судан, Китаю та Аргентини – 7%; Австралії – 5%.

В Україні в середньому за 2020-2024 рр. валові збори зерна сорго становили 0,081 млн т, тоді як у 2024 р. – 0,040 млн т.

Проаналізувавши урожайність зерна сорго у країнах світу – головних виробників культури, визначено, що цей показник коливається в межах від 0,51 т/га (Нігерія) до 4,76 т/га (Китай) (рис. 2).

Встановлено, що така країна-виробник сорго як Судан має більші посівні площі сорго (6,00 млн га) порівняно з іншими країнами, проте врожайність цієї культури становить лише 0,55 т/га. Тоді як в Аргентині, Австралії посівні площі під сорго становлять 0,54-0,85 млн га, а врожайність зерна – 4,12 і 4,31 т/га відповідно.

В Україні урожайність сорго в середньому за останні 10 років знизилася і коливається у різні роки від 2,00 т/га (2024 р.) до 4,60 т/га (2018 р.).

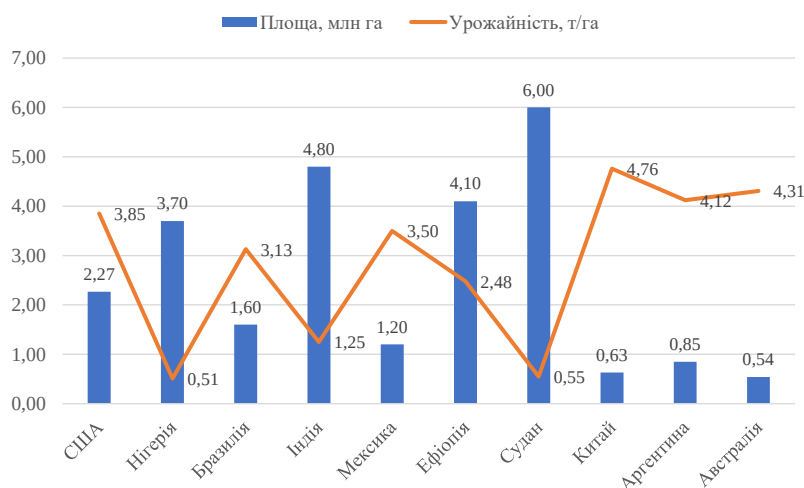


Рис. 2. Посівні площі та урожайність сорго у головних країнах виробників, (2025 р.)

Для збільшення валових зборів зерна сорго є не лише розширення посівних площ, а й використання адаптованих до певних ґрунтово-кліматичних зон сортів [15, 16].

У 2025 р. до Державного Реєстру сортів рослин занесено 101 сорт та гібрид сорго звичайного (двокольорового) та 14 батьківських компонентів.

Серед країн-оригінальних сортів найбільша кількість (51 шт.) належить Франції (рис. 3).

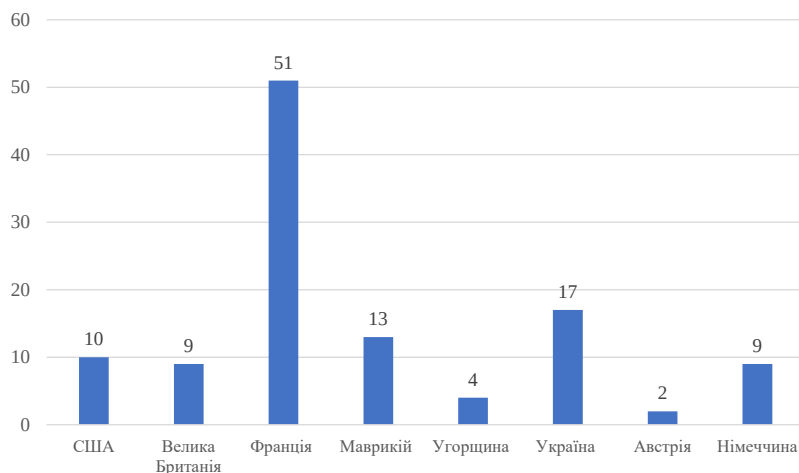


Рис. 3. Сорти та гібриди сорго звичайного внесені до Державного Реєстру сортів рослин, придатних до поширення в Україні у 2025 р. у розрізі країн, шт.

На другому місці за кількістю сортів знаходиться Україна – 17 шт. До Реєстру сортів занесено 13 гібридів сорго звичайного, власником якої є Маврикій;

10 гібридів – США; 9 – Велика Британія; 9 – Німеччина; 4 – Угорщина та 2 – Австрія.

Аналізуючи Державний Реєстр сортів рослин придатних до поширення в Україні станом на червень 2025 р. визначено, що більшу частку (51%) становлять сорти та гібриди сорго звичайного, внесені до державного реєстру сортів у 2020-2025 рр.; 47% – становлять сорти та гібриди зареєстровані у 2015-2019 рр. (рис. 4).

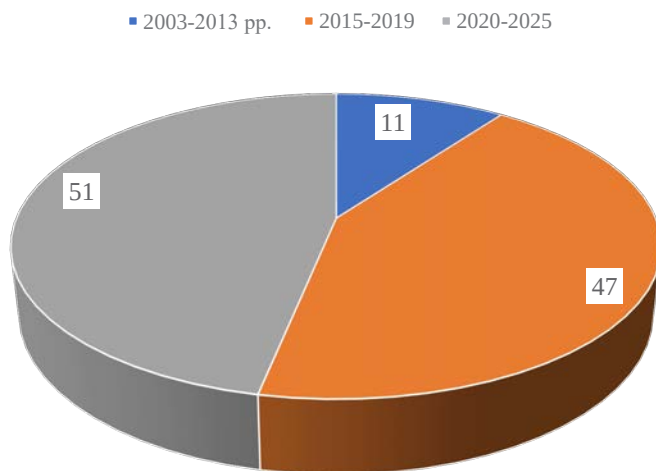


Рис. 4. Частка сортів та гібридів сорго звичайного, внесених до Державного реєстру з 2003 по 2025 рр., %

Лише 11% із загальної кількості становлять сорти та гібриди, внесені у Реєстр за період з 2003 по 2013 рр.

Висновки. Таким чином, головними виробниками зерна сорго у 2025 р. є США, Нігерія, Бразилія, Індія, Мексика, Ефіопія, Судан, Китай, Аргентина та Австралія. Серед усіх країн-виробників сорго більшу частку світового виробництва займає США – 21%. Найбільші світові площі під сорго зосереджено в Судані – 6,00 млн га, тоді як більша врожайність зерна – 4,76 т/га зібрано у 2025 р. у Китаї. В Україні посівні площі та врожайність зерна сорго постійно знижуються. Використання адаптованих для кожної ґрунтово-кліматичної зони сортів та гібридів є необхідною умовою підвищення врожайності та збільшення валових зборів зерна сорго. В подальшому планується проведення досліджень адаптивних ознак сортів та гібридів сорго звичайного вітчизняної та іноземної селекції з метою добору найбільш пристосованих до умов Півдня України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Mirón I. J., Linares C., Diaz J. The influence of climate change on food production and food safety. *Environmental Research*. 2023. 216 (3). 114674. doi: 10.1016/j.envres.2022.114674.
2. Zidan F., Febriyanti D. E., Optimizing Agricultural Yields with Artificial Intelligence-Based Climate Adaptation Strategies. *IAIC Transactions on Sustainable Digital Innovation (ITSDI)*. 2024. 5(2). P. 136-147.
3. Analysis of climate change impacts on EU agriculture by 2050 / Hristov J. et al. 2020. Luxembourg: Publications Office of the European Union. 30p. doi:10.2760/121115.

4. Hansen J. E., Kharecha P., Sato M., Tselioudis J., Kelly J., Bauer S. E., Ruedy R., Jeong E., Jin Q., Rignot E., Velicogna I., Schoeberl M. R., Schuckmann K., Amponsem J., Cao J., Keskinen A., Li G., Pokela A. Global Warming Has Accelerated: Are the United Nations and the Public Well-Informed? *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*. 2025. 67(1). P. 6-44. doi:10.1080/00139157.2025.2434494.
5. Scafetta N. Impacts and risks of “realistic” global warming projections for the 21st century. *Geoscience Frontiers*. 2024. 15 (2). 101774. doi:10.1016/j.gsf.2023.101774.
6. Boychenko S., Voloshchuk V., Movchan Y., Serdjuchenko N., Tkachenko V., Tyshchenko S., Savchenko S. Features of Climate Change on Ukraine: Scenarios, Consequences for Nature and Agroecosystems. *Proceedings of the National aviation university*. 2016. № 4 (69). P. 96-113. doi:10.18372/2306-1472.69.11061.
7. Lindsey R., Dahlman L. Climate Change: Global Temperature. Understanding Climate. 2025. URL: <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-global-temperature> (дата звернення : 23.06.2025).
8. Korkhova M., Mykolaichuk V. Influence of weather conditions on the duration of interphysical periods and yield of durum winter wheat. *Scientific Horizons*. 2022. 25(2). 36-46. DOI: 10.48077/scihor.25(2).2022.36-46.
9. Бакланова Т. В., Гамаюнова В. В., Сидякіна О. В. Сучасні тенденції вирощування сорго в Україні та світі. *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 134. С. 9-17. DOI 10.32782/2226-0099.2023.134.2.
10. Сидоренко В., Мальярчук В. Вирощування сорго в Південному Степу. *Пропозиція*. 2020. № 6. URL: <https://propozitsiya.com/articles/tekhnolohiyi-vyroshchuvannya/vyroshchuvannya-sorho-v-pivdennomu-stepu> (дата звернення : 23.06.2025).
11. Науково-теоретичні засади та практичні аспекти формування екологобезпечних технологій вирощування та переробки сорго в степовій зоні України : монографія / Федорчук М. І. та ін. Херсон, 2017. 208 с.
12. Бойко М. О. Сорго як харчовий продукт : перспективи та нові можливості. *Таврійський науковий вісник*. 2024. № 138. С. 15-21.
13. Ганженко О., Хіврич О., Герасименко Л., Зиков П. Фурса А. Цукрове сорго – на біопаливо. *Пропозиція*. URL: <https://propozitsiya.com/articles/tsukrove-sorho-na-biopalyvo> (дата звернення : 23.06.2025).
14. The Foreign Agricultural Service (FAS) links U.S. agriculture to the world to enhance export opportunities and global food security. URL: <https://www.fas.usda.gov/> (дата звернення : 24.06.2025).
15. Коваленко О. А., Корхова М. М. Добір сортів пшениці озимої для вирощування в зоні Степу України. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Сер.: Сільськогосподарські науки*. 2012. Вип. 10 (50). С. 59-69.
16. Чернова А. В., Коваленко О. А., Корхова М. М. Урожайність зеленої маси сорго цукрового залежно від сортових особливостей, норм висіву, біопрепарату та мікродобрив за різних років дослідження. *Аграрні інновації*. 2020. Вип. 4. С. 136-142.

УДК 633.11:631.95:575.21

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.144.14>

СПАДКОВІ ЗМІНИ ЗА ДІЇ АЗИДУ НАТРІЮ У ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

Кришин Р.О. – аспірант кафедри селекції і насінництва,

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

orcid.org/0009-0005-2362-8698

Назаренко М.М. – д.с.-г.н.,

професор кафедри селекції і насінництва,

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

orcid.org/0000-0002-6604-0123

Хімічний мутагенез є перспективним напрямом сучасної селекції рослин завдяки високій специфічності взаємодії з генотипом та здатності до сайт-специфічного впливу на оригінальну, нативну ДНК рослинного організму. Насіння 2 сортів пшениці озимої Співанка та Алтіго обробляли розчином хімічного мутагену АН у концентраціях 0,01, 0,025, 0,05, 0,1%. Для кожної обробки були використані 1000 зерен пшениці озимої. Експозиція дії мутагену становила 18 годин. У поколіннях М2–М3 мутації були ідентифіковані шляхом візуальної оцінки та біометричного аналізу структури врожайності. Всього досліджено 4400 родин у другому поколінні. Мутагенна дія була значущою для дисперсії зміни концентрації мутагену та для взаємодії генотип-мутаген, генотипів. При попарному порівнянні суттєво відрізнялися сорти Співанка та Алтіго, причому Співанка була менш чутливою до дії АН. В спектрі було отримано всього 37 змінених ознак по 6 групах мінливості. Можна достовірно передбачити для даного мутагену на даному матеріалі високу кількість (в порівнянні) високостеблових та напівкарликових мутантів, ранньостиглих форм. Негативним явищем є висока ймовірність та регулярність форм з дрібним, веретеноподібним колосом, спельтоїдів, високостеблових. Досліджуваний хімічний супермутаген продемонстрував високий загальний рівень мутаційної мінливості та надзвичайно високу активність щодо індукції нових форм за всіма основними господарсько-біологічними ознаками рослин озимої пшениці. Водночас найбільш специфічною та характерною для нього є дія, спрямована на модифікацію висоти рослин, що суттєво вирізняє цей агент серед інших подібних хімічних мутагенів. Особливий інтерес представляють форми зі зменшеною висотою, переважно напівкарликові, а також ранньостиглі мутанти, отримані в результаті застосування цього агента. За результатами дослідження встановлено, що для досягнення оптимального мутагенного ефекту на використаному вихідному матеріалі доцільними є помірні концентрації азиду натрію (АН) у межах 0,025–0,05 %. При підвищенні концентрації до 0,1 % спостерігаються переважно негативні ефекти, що робить її недоцільною для селекційної практики. Щодо сортової специфічності дії агента, сорт Співанка можна визнати середнім за чутливістю, тоді як сорт Алтіго демонструє вищу перспективність для подальшого використання з цим мутагеном, що підтверджується також попередніми дослідженнями. Наступними етапами дослідження є поглиблений аналіз отриманих мутантних форм за біохімічними показниками, зокрема за вмістом і якістю білка та клейковини в зерні.

Ключові слова: пшениця озима, азид натрію, мутації, генотип, мінливість.

Kryshyn R.O., Nazarenko M.M. Hereditary changes under the action of sodium azide for winter wheat

Chemical mutagenesis is a promising direction of modern plant breeding due to the high specificity of interaction with the genotype and the ability to site-specific influence on the original, native DNA of the plant organism. Seeds of 2 winter wheat varieties Spivanka and Altigo were treated with a solution of the chemical mutagen SA in concentrations of 0.01, 0.025, 0.05, 0.1%. 1000 winter wheat grains were used for each treatment. Exposure to the mutagen effect was 18 hours. In generations M2–M3, mutations were identified by visual assessment and biometric analysis of the yield structure. A total of 4400 families in the second generation were studied. The mutagenic effect was significant for the variance of the change in the mutagen concentration and for the genotype-mutagen interaction, genotypes. In pairwise comparison, the varieties Spivanka and Altigo differed significantly, with Spivanka being less sensitive to the effect of SA. In the spectrum, a total of 37 changed traits were obtained in 6 groups of variability. It is possible to

reliably predict for this mutagen on this material a high number (in comparison) of tall-stemmed and semi-dwarf mutants, early-ripening forms. A negative phenomenon is the high probability and regularity of forms with a small, spindle-shaped ear, speltoids, tall-stemmed. The studied chemical supermutagen demonstrated a high overall level of mutational variability and extremely high activity in inducing new forms for all the main economic and biological traits of winter wheat plants. At the same time, the most specific and characteristic for it is the action aimed at modifying the height of plants, which significantly distinguishes this agent among other similar chemical mutagens. Of particular interest are forms with reduced height, mainly semi-dwarf, as well as early-ripening mutants obtained as a result of the use of this agent. According to the results of the study, it was found that to achieve the optimal mutagenic effect on the used starting material, moderate concentrations of sodium azide (SA) within the range of 0.025–0.05% are appropriate. When the concentration is increased to 0.1%, mainly negative effects are observed, which makes it impractical for breeding practice. Regarding the varietal specificity of the agent's action, the variety Spivanka can be considered average in sensitivity, while the variety Altigo demonstrates higher prospects for further use with this mutagen, which is also confirmed by previous studies. The next stages of the study are an in-depth analysis of the obtained mutant forms by biochemical indicators, in particular by the content and quality of protein and gluten in the grain.

Key words: winter wheat, sodium azide, mutations, genotype, variability.

Постановка проблеми. Хімічний мутагенез є перспективним напрямом сучасної селекції рослин завдяки високій специфічності взаємодії з генотипом та здатності до сайт-специфічного впливу на оригінальну, нативну ДНК рослинного організму. Саме ця властивість відрізняє хімічні мутагени від фізичних чинників, дія яких є менш вибірковою та значно менш генотип-специфічною [2, 9]. Використання хімічних мутагенів відкриває низку перспективних можливостей для селекційного покращення господарських характеристик культурних рослин, включаючи отримання цільових корисних мутацій із мінімальною кількістю супутніх негативних змін, що є менш характерним при використанні інших типів мутагенних факторів [1, 3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Пшениця м'яка озима залишається стратегічною зерновою культурою, особливо в умовах ризикованого землеробства, до яких належить вся територія України. В умовах глобального потепління спостерігається поступове просування ареалів теплолюбних культур у більш північні регіони, що позитивно впливає на перезимівлю озимих зернових. Проте одночасно суттєво зростають ризики втрат врожаю, спричинені посиленням абіотичних стресів у критичні періоди розвитку рослин, зокрема посухи та температурних коливань [4, 5, 6, 8].

Застосування нових хімічних мутагенних факторів на локальному генетичному матеріалі надає широкі можливості для збільшення частоти та зміни спектру мутацій, що індукуються, а також дозволяє ефективніше використовувати генотипи з підвищеною мутабільністю до конкретних чинників [10]. Особливий інтерес представляють так звані комплексні мікромутації, що характерні саме для хімічних мутагенів. Такі мутації здатні покращувати біохімічні та харчові характеристики культурних рослин без супутніх негативних морфо-фізіологічних змін. Це особливо важливо для традиційних сільськогосподарських культур, що зазвичай мають певні недоліки за вмістом важливих біологічно активних сполук, вітамінів чи мікроелементів, які є необхідними для здорового харчування [7, 9].

Отже, перспективним напрямком є дослідження генотип-специфічної реакції локальних сортів пшениці на дію хімічних мутагенів із метою отримання нових форм із покращеними господарсько-цінними ознаками, зокрема адаптивністю до змінюваних кліматичних умов і підвищеними харчовими властивостями зерна.

Постановка завдання. Застосували мутаген азид натрію (далі тут та по тексті – АН), що відомий доволі високою генетичною активністю при помірному зниженні життєздатності.

Насіння 2 сортів пшениці озимої Співанка та Алтіго обробляли розчином хімічного мутагену АН у концентраціях 0,01, 0,025, 0,05, 0,1%. Для кожної обробки були використані 1000 зерен пшениці озимої. Експозиція дії мутагену становила 18 годин. Для контролю використовували необроблені вихідні ініціальні форми (зерна сортів, замочені у воді).

У поколіннях M_2 – M_3 мутантні сімейства були відібрані шляхом візуальної оцінки, аналізу проходження фенофаз, структурним аналізом та аналізом за зерновою продуктивністю. Посів проводили вручну, в кінці вересня, на глибину 4-5 см і з нормою 100 життєздатних насінин в рядок (довжина 1,5 м), міжряддя 15 см, між зразками 30 см, 2 рядки, контроль з необробленим насінням вихідної форми через кожні 20 варіантів.

Досліди проводили на дослідному полі Дніпровського державного аграрно-економічного університету (с. Олександрівка, Дніпровський район, Дніпропетровська область, Україна). Математичну обробку результатів проводили факторним аналізом за допомогою модуля ANOVA, дискримінантним аналізом (Statistica 10.0).

Виклад основного матеріалу дослідження. Як представлено в таблиці 1 всього було вивчено 4 400 сімей у другому-третьому поколінні. Використовували звичайні концентрації, що характерні для селекційної практики.

При цьому порогові значення досягнуті не були, про що свідчить наявність не менш ніж 500 сімей по кожному варіанту з одним виключенням, вища концентрація АН 0,1% призвела до деякого зниження життєздатності з добром лише 450 сімей для Співанки та 350 для Алтіго. Зі статистичною достовірністю на загальну частоту мутацій вплинув показник підвищення концентрації ($F=43,22$; $F_{0,05}=2,17$; $P=2,77 \cdot 10^{-3}$), показник генотипу теж був суттєвим ($F=7,45$; $F_{0,05}=4,01$; $P=0,01$), при аналізі знаходимо, що при попарному порівнянні суттєво відрізнялися сорти Співанка та Алтіго ($F=11,22$; $F_{0,05}=5,17$; $P=0,008$), причому Співанка була менш чутливою до дії АН.

Таблиця 1

**Загальна частота мутацій при дії АН в другому-третьому поколінні
($\bar{x} \pm SD$, $n = 350-500$)**

Варіант	Загальна кількість сімей	Кількість мутантних сімей	Частота, %
Співанка, кт.	500	2	$0,40 \pm 0,10^a$
Співанка, АН 0,01%	500	22	$4,40 \pm 0,20^b$
Співанка, АН 0,025%	500	33	$6,60 \pm 0,30^c$
Співанка, АН 0,05%	500	53	$10,60 \pm 0,41^d$
Співанка, АН 0,1%	500	62	$12,40 \pm 0,50^e$
Алтіго, кт.	450	4	$0,80 \pm 0,09^a$
Алтіго, АН 0,01%	500	29	$5,80 \pm 0,25^b$
Алтіго, АН 0,025%	500	40	$8,00 \pm 0,29^c$
Алтіго, АН 0,05%	500	60	$12,00 \pm 0,43^d$
Алтіго, АН 0,1%	350	79	$17,58 \pm 0,58^e$

Примітка: різниця статистично достовірна за факторним аналізом ANOVA за концентраціями при $P_{0,05}$

Що стосується цього параметру взагалі, то він варіював у наступних межах від 4,4 % (сорт Співанка) до 5,8 % (сорт Алтіго) при дії АН 0,01%, від 6,6 % (сорт Співанка) до 8,0 % (сорт Алтіго) за дії АН 0,025%, від 10,0 % (сорт Співанка) до

12,0 % (сорт Алтіго) при дії АН 0,05%, від 12,40 % (сорт Співанка) до 17,58 % (сорт Алтіго) при дії АН 0,1%. В усіх випадках варіанти відрізняються один від одного та від контролю. Була зроблена методом кластерного аналізу класифікація генотипів (Рис.1.), що підтвердила поділ всіх сортів на дві групи.

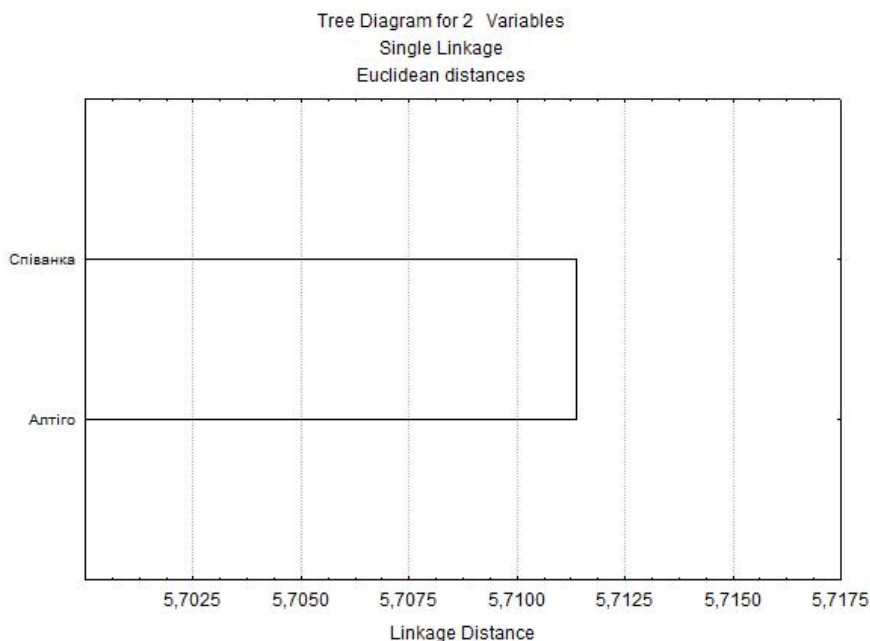


Рис. 1. Результати кластерного аналізу по показнику частоти мутацій.

Інтегративним показником, що ураховує також і спектр змінених ознак є рівень мінливості, котрий обраховується як відношення кількості змінених сімей до загальної кількості ознак, по котрих пройшли зміни (Таблиця 2).

Таблиця 2

Рівень мінливості за дії АН

Варіант	Рівень мінливості	Кількість змінених ознак
Співанка, кт.	$0,01 \pm 0,01^a$	2
Співанка, АН 0,01%	$0,66 \pm 0,10^b$	15
Співанка, АН 0,025%	$1,45 \pm 0,20^c$	22
Співанка, АН 0,05%	$2,86 \pm 0,30^d$	27
Співанка, АН 0,1%	$3,86 \pm 0,31^c$	28
Алтіго, кт.	$0,03 \pm 0,01^a$	4
Алтіго, АН 0,01%	$1,16 \pm 0,09^b$	20
Алтіго, АН 0,025%	$2,40 \pm 0,11^c$	30
Алтіго, АН 0,05%	$3,48 \pm 0,21^d$	29
Алтіго, АН 0,1%	$6,77 \pm 0,32^c$	30

Примітка: різниця статистично достовірна за факторним аналізом ANOVA за концентраціями при $P_{0,05}$

У цьому випадку зі статистичною достовірністю на рівень мінливості вплинув як показник підвищення концентрації ($F=75,11$; $F_{0,05}=2,17$; $P=2,13 \cdot 10^{-4}$), так і показник генотипу ($F=8,89$; $F_{0,05}=4,01$; $P=0,01$), при попарному порівнянні сорти суттєво відрізнялися ($F=12,93$; $F_{0,05}=5,17$; $P=0,006$).

Що стосується цього параметру взагалі, то він варіював у наступних межах від 0,66 (сорт Співанка) до 1,16 (сорт Алтіго) при дії АН 0,01%, від 1,45 (сорт Співанка) до 2,40 (сорт Алтіго) за дії АН 0,025%, від 2,86 (сорт Співанка) до 3,48 (сорт Алтіго) при дії АН 0,05%, від 3,86 % (сорт Співанка) до 6,77 % (сорт Алтіго) при дії АН 0,1%. Таким чином, за рахунок спектру різниці за дії вищих концентрацій між сортами зростає. В усіх випадках варіанти відрізняються один від одного та від контролю. За результатами кластерного аналізу (Рис. 2) знов виділили обидва генотипи окремо.

В спектрі було отримано всього 37 змінених ознак по 6 групах мінливості, котрі були проаналізовані за дискримінантний та факторним аналізом для виявлення значимості окремих груп (Таблиці 3, 4).

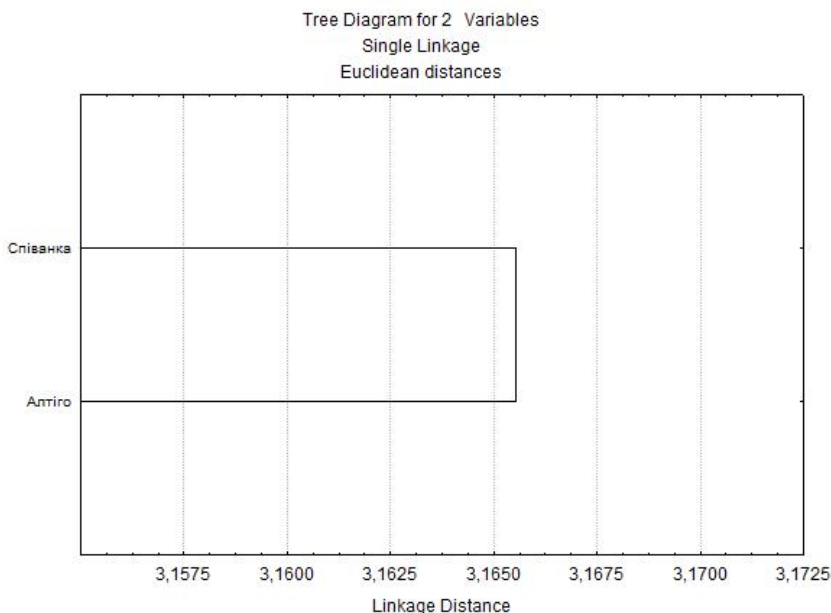


Рис. 2. Результати кластерного аналізу по показнику рівня мінливості.

Перша група мутації за структурою стебла. Це такі ознаки висоти стебла та інтенсивності воскової поволоки. Найвища частота високостеблових форм (до 2,0 %, в середньому 0,71%), також значима ймовірність отримання напівкарликів, рослин з відсутністю воскової поволоки, інші варіанти малоймовірні. Друга група складається з ознак структури зерна. Виникнення мутацій за всіма цими ознаками малоймовірно. Третя група включає зміни за структурою колосу. Більшість мутацій низькоймовірні, але виділилися форми з безостим колосом (до 0,86 %, в середньому 0,37 %), напівостистим та форми з дрібним та веретеноподібним колосом. Зазвичай більш варіативна четверта група (зміни за фізіологією росту та розвитку). Включає ознаки стерильності, ранньостиглості, пізньостиглості, стійкості

до захворювань, але регулярна індукція лише ранньостиглості (до 1,00 %, в середньому 0,48 %). П'ята група складається з системних мутацій - скверхедний колос, спельтоїдний колос, субкомпактоїд та інші. Доволі значна кількість спельтоїдів (до 1,14 %), але лише для високих концентрацій. Шоста група складається з господарчо-цінних форм з високої куцистістю та продуктивністю. Вони мало ймовірні для дії АН, але регулярні за характером виникнення. Більш оптимальними були концентрації АН 0,025 та 0,05 %

Для мутаційного процесу в процесі дискримінантного аналізу встановлено модельність окремих параметрів за групами (Таблиця 3, 4). Суттєвими вона була за частотою, рівнем мінливості, мутацій в першій, четвертій, п'ятій групі.

Таблиця 3

Модельні параметри мутагенної активності (АН)

Параметр в моделі	Wilks Lambda λ	Часткова Lambda	F-критичне (4,02)	p-рівень
Загальна частота	0,12	0,71	16,18	0,01
Рівень мінливості	0,10	0,81	23,17	0,01
Перша група	0,13	0,67	7,99	0,01
Друга група	0,61	0,28	1,34	0,15
Третя група	0,32	0,55	2,01	0,09
Четверта група	0,52	0,72	6,11	0,03
П'ята група	0,21	0,56	4,05	0,05
Шоста група	0,28	0,54	2,05	0,09

Таблиця 4

Факторне навантаження параметрів мутагенної активності

Параметр	Генотип	Концентрація
Загальна частота	0,793128	0,917511
Рівень мінливості	0,913244	0,916241
Перша група	0,632341	0,763231
Друга група	0,314373	0,276509
Третя група	0,320012	0,338553
Четверта група	0,511113	0,548792
П'ята група	0,500543	0,407679
Шоста група	0,436910	0,355947
Пояснена компонента	2,363737	2,675490
Загальна компонента	0,543451	0,443832

Примітка: статистично значимі виділені жирним

Таким чином, можна достовірно передбачити для даного мутагену на даному матеріалі високу кількість (в порівнянні) високостеблових та напівкарликових мутантів, ранньостиглих форм. Негативним явищем є висока ймовірність та регулярність форм з дрібним, веретеноподібним колосом, спельтоїдів, високостеблових.

Висновки і пропозиції. Досліджуваний хімічний супермутаген продемонстрував високий загальний рівень мутаційної мінливості та надзвичайно високу активність щодо індукції нових форм за всіма основними господарсько-біологічними ознаками рослин озимої пшениці. Водночас найбільш специфічною та

характерною для нього є дія, спрямована на модифікацію висоти рослин, що суттєво вирізняє цей агент серед інших подібних хімічних мутагенів. Особливий інтерес представляють форми зі зменшеною висотою, переважно напівкарликові, а також ранньостиглі мутанти, отримані в результаті застосування цього агенту. За результатами дослідження встановлено, що для досягнення оптимального мутагенного ефекту на використаному вихідному матеріалі доцільними є помірні концентрації азиду натрію (АН) у межах 0,025–0,05 %. При підвищенні концентрації до 0,1 % спостерігаються переважно негативні ефекти, що робить її недоцільною для селекційної практики. Щодо сортової специфічності дії агента, сорт Співанка можна визнати середнім за чутливістю, тоді як сорт Алтіго демонструє вищу перспективність для подальшого використання з цим мутагеном, що підтверджується також попередніми дослідженнями. Наступними етапами дослідження є поглиблений аналіз отриманих мутантних форм за біохімічними показниками, зокрема за вмістом і якістю білка та клейковини в зерні, співвідношенням білкових фракцій, а також визначення вмісту біологічно активних речовин і цінних мікроелементів, що дозволить краще оцінити їхню господарську цінність та потенціал для використання у селекційній роботі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Anter A. Induced Mutations in Wheat (*Triticum aestivum* L.) and Improved Grain Yield by Modifying Spike Length. *Asian Journal of Plant Sciences*. 2021. 20. P. 313–323.
2. Ariraman, M., Dhanavel, D., Seetharaman, N., Murugan, S., & Ramkumar, R. Gamma radiation influences on growth, biochemical and yield characters of *Cajanus Cajan* (L.) *MILLSP. Journal of Plant Stress Physiology*. 2018. 4. P. 38–40.
3. Chakraborty S., Mahapatra S., Hooi A., Ali N., Satdive R. Determination of Median Lethal (LD50) and Growth Reduction (GR50) Dose of Gamma Irradiation for Induced Mutation in Wheat. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 2023. 66. e23220294.
4. Hassine M., Baraket M., Marzougui N. Slim-Amara H. Screening of the effect of mutation breeding on biotic stress tolerance and quality traits of durum wheat. *Gesunde Pflanzen*. 2023. 75. P. 837–846.
5. Hongjie L., Timothy D., McIntosh R.A. Yang Z. Breeding new cultivars for sustainable wheat production. *The Crop Journal*. 2019. 7(6). P. 715–717.
6. Lal R., Chantotiya C., Gupta P. Induced mutation breeding for qualitative and quantitative traits and varietal development in medicinal and aromatic crops at CSIR-CIMAP, Lucknow (India): past and recent accomplishment. *International Journal of Radiation Biology*. 2020. 96(12). P. 1513–1527.
7. Mangi N. ., Baloch A., Khaskheli N., Ali M., Afzal W. Multivariate Analysis for Evaluation of Mutant Bread Wheat Lines Using Metric Traits. *Integrative Plant Sciences*, 2021.1(1). P. 29–34.
8. Nazarenko M, Semenchenko O., Izhboldin O., Hladkikh Y. French winter wheat varieties under ukrainian north steppe condition. *Agriculture and Forestry*. 2021. 67(2). P. 89–102.
9. le Roux M., Burger N., Vlok M., Kunert K., Cullis C., Botha A. EMS Derived Wheat Mutant BIG8-1 (*Triticum aestivum* L.) - A New Drought Tolerant Mutant Wheat Line. *International Journal of Molecular Sciences*. 2021. 22. 5314.
10. Shimelis H., Olaolorun B., Mathew I., Laing M. Optimising the dosage of ethyl methanesulphonate mutagenesis in selected wheat genotypes. *South African Journal of Plant and Soil*. 2019. 36(5). P. 357–366.

УДК 632.38:632.93:635.21

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.144.15>

НОВІ МЕТОДИ ЗАХИСТУ НАСІННЄВОЇ КАРТОПЛІ ВІД ВІРУСНИХ ХВОРОБ У ЗОНІ ПОЛІССЯ УКРАЇНИ

Левківський І.В. – науковий співробітник відділу базового, базового насінництва і діагностики, Інститут картоплярства Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0001-5773-2809

Картопля є важливою сільськогосподарською культурою в Україні та світі. Високої рентабельності картоплярства можна досягти за використання якісного насіннєвого матеріалу за показниками ураження вірусними хворобами відповідно норм чинних стандартів. Важливими критеріями отримання якісного насіннєвого матеріалу картоплі є контроль векторних переносників вірусних інфекцій в польових умовах за застосування інсектицидних обробок насаджень у поєднанні з мінеральними оліями, раннього видалення картоплиння (десикації), тощо. Для мінімізації хімічного навантаження на навколишнє середовище поряд із внесенням інсектицидів проти попелиць використовують альтернативні методи боротьби з вірусними хворобами, а саме застосування обробок рослин нанопрепаратами біологічного походження на основі наночастинок з вірусінгібуючими властивостями.

Мета досліджень. Встановити вплив нових методів захисту базової насіннєвої картоплі від вірусних інфекцій у зоні Полісся України на її насіннєву продуктивність та якість. Дослідженнями встановлено, що на варіантах, де застосовували обробки рослин мінеральною олією «ОЛЕМІКС® 84, к.е.» у поєднанні з обробками рослин препаратом «Аватар-2 захист» та десикацією картоплиння протягом трьох вегетаційних сезонів забезпечили отримання базової насіннєвої картоплі класу еліта сортів Мирослава та Фотинія з вмістом вірусної інфекції Y- та M- вірусів картоплі в межах 0,5–1,5 %, що нижче допуску (4,0 %) нормативного документа – Наказу Міністерства аграрної політики та продовольства України від 12.07.2019 р. № 384 «Про затвердження Методичних вимог у сфері насінництва щодо збереження сортів та посівних якостей насіннєвої картоплі» за ураження рослин на контрольних варіантах за сортом Мирослава – 5,0 % та сортом Фотинія – 6,0 %. Внесення нанопрепарату «Аватар-2 захист» та десикація картоплиння сприяло зростанню урожайності бульб розміром 30–60 мм за найбільшим поперечним діаметром за сортом Мирослава на 1,4 т/га (6,3%), за сортом Фотинія – на 1,4 т/га (7,1%).

Ключові слова: картопля, базове насіння, мінеральна олія, десикація, віруси картоплі, нанопрепарати.

Levkivskiy I.V. New methods of protection of seed potatoes from viral diseases in the Polissya zone of Ukraine

Potatoes are an important agricultural crop in Ukraine and worldwide. High profitability of potato growing can be achieved by using high-quality seed material with indicators of viral disease infection in accordance with the norms of current standards. Important criteria for obtaining high-quality potato seed material are control of vector vectors of viral infections in the field by using insecticide treatments of plantations in combination with mineral oils, early removal of potato tops (desiccation), etc. To minimize the chemical burden on the environment, along with the application of insecticides against aphids, alternative methods of combating viral diseases are used, namely the use of plant treatments with nanopreparations of biological origin based on nanoparticles with virus-inhibitory properties.

The aim of the research. To determine the effect of new methods of protection of basic seed potatoes against viral infections in the Polissya zone of Ukraine on their seed productivity and quality. The research has established that in the variants where plant treatments with mineral oil "OLEMIX® 84, k.e." in combination with plant treatments with "Avatar-2 protection" and desiccation of potato tops during three growing seasons provided the production of basic elite class seed potatoes of Myroslava and Fotinia varieties with the content of Y- and M-virus infection of potato within 0.5–1.5%, which is lower than the tolerance (4.0%) of the regulatory document – Order of the Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine dated 12.07.2019 No. 384 "On approval of Methodological requirements in the field of seed production for the preservation

of varietal and sowing qualities of seed potatoes" for plant damage in the control varieties of Myroslava – 5.0% and Fotinia – 6.0%. The introduction of the nanopreparation "Avatar-2 protection" and desiccation of potato tops contributed to an increase in the yield of tubers 30-60 mm in size by the largest transverse diameter in the Myroslava variety by 1.4 t/ha (6.3%), and in the Fotinia variety by 1.4 t/ha (7.1%).

Key words: potatoes, basic seeds, mineral oil, desiccation, potato viruses, nanopreparations.

Постановка проблеми. Виродження насіннєвої картоплі, зниження врожайності або якості, викликане накопиченням патогенів і шкідників у насіннєвому матеріалі внаслідок послідовних циклів вегетативного розмноження є давньою проблемою для виробників картоплі в усьому світі [1].

Картопля розмножується вегетативно, і це призводить до накопичення та передачі потомству вірусних інфекцій. Переносниками потенційно важливих для продуктивності культури вірусів картоплі Y, M є попелиці, які передають віруси від заражених рослин до здорових. Процес поширення вірусних хвороб картоплі у польових умовах має великий вплив на вибір стратегії їх хімічного контролю [2].

Окрім застосування інсектицидного захисту на практиці використовують обробки насаджень мінеральними оліями, ранню десикацію картоплиннтя. Враховуючи розвиток тенденцій до зменшення використання хімічних препаратів необхідним є вивчення впливу речовин з вірусінгібуючими властивостями в наноконцентраціях на вірусологічний стан насіннєвої картоплі у поєднанні з мінеральними оліями та десикацією картоплиннтя.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вірус картоплі Y є економічно важливим збудником тяжких вірусних хвороб картоплі, який є поширеним в усьому світі [3].

Науковими дослідженнями виявлено, що на кожний 1 % Y-вірусу у насіннєвому матеріалі врожайність зменшувалась на 0,18 т/га, зменшувалась товарна врожайність і розмір бульб [4].

Видалення картоплиннтя є важливим кроком перед збиранням врожаю. на насіннєвих посівах, цей захід сприяє зменшенню ураження рослин вірусними хворобами, що має позитивний вплив на якість матеріалу. Також видалення картоплиннтя допомагає перервати подачу поживних речовин до бульби, що сприяє їх дозріванню. Коли картоплиннтя перестає функціонувати, бульби перестають рости, шкірка грубіє, а це в свою чергу захищає бульби від механічних пошкоджень і знижує ризик хвороб під час зберігання

Доведено, що раннє видалення картоплиннтя значно знижує кількість бульб, інфікованих вірусами в поточному році за рахунок того, що частина нових уражень не встигає проникнути у бульби нового врожаю [5].

Встановлено, що у 2021–2023 роках в зоні Правобережної частини Полісся України високий вихід насіннєвих бульб з одного гектара посівної площі отримано за рахунок видалення картоплиннтя в термін через 10 днів після цвітіння рослин, який склав 506 тис. шт./га у сорту картоплі Опілля, Радомисль – 513 тис. шт./га, Взірець – 326 тис. шт./га, Базалія – 406 тис. шт./га, сорту Сингаївка – 521 тис. шт./га [6].

Видалення картоплиннтя в насадженнях оздоровленого насіннєвого матеріалу картоплі сортів Скарбниця, Серпанок, Арія, Щедрик, Чарунка та Слов'янка, в умовах півдня Полісся України в період з 25 липня по 1 серпня забезпечувало збереженість високих якісних показників добазового насіннєвого матеріалу картоплі – вміст вірусної інфекції M-вірусу картоплі, на варіанті з видаленням картоплиннтя через 10 днів після цвітіння становив 1,5 – 6,0 %. Знищення картоплиннтя у пізні строки, через 30 та 40 днів після цвітіння викликало різке зростання інфікованості

насіннєвого матеріалу картоплі *M*-вірусом картоплі, залежно від сорту, і становила відповідно 3,5 – 8,0 % та від 6,5 до 9,0% [7].

У Північній Фінляндії за виробництва насіннєвої картоплі знищення картоплиння використовується у переважній більшості для регулювання розміру бульб. Найпоширеніший метод знищення картоплиння – механічно-хімічний. Вивчали вплив механічних та механіко-хімічних методів знищення картоплиння на якість насіннєвої картоплі у порівнянні з природним відмиранням картоплиння (контроль). Терміни знищення картоплиння (коли не більше 5 % бульб урожаю мали розмір понад 50 мм) і час між знищенням і збиранням врожаю (21–26 днів) були подібні до технології, що дотримується у виробничому процесі відтворення насіннєвої картоплі. Дослідженнями встановлено, що знищення картоплиння посилювало навантаження ризиктоніозу (*Rhizoctonia solani*) на бульбах рослин, картоплиння яких було знищено. Ризиктоніоз на бульбах також спостерігався за механічного знищення картоплиння. Урожай без знищення картоплиння мав менший ступінь уражень ризиктоніозом ніж на інших варіантах з обробкою. Крім того, коли старіння картоплиння відбувалося природним шляхом, урожайність і вміст крохмалю були найвищими порівняно з іншими методами [8].

В Україні останні 10–15 років спостерігається стрімке поширення *Y* – вірусу та комплексної інфекції на насінницьких насадженнях картоплі – з 15,4 % до 61,73%, в той час як на зростання з 1–5 % до 15,4 %, за даними попередніх моніторингів, знадобилось понад тридцять років. В уражених пробах частка інфекцій з присутністю *Y* – вірусу за період досліджень зростала з 19,37 до 93,11 % у Чернігівській області і коливалася від 21,84 % до 98,82 %, залежно від року, у Київській області [9].

Боротьба з *Y*- вірусом здійснюється головним чином шляхом зменшення кількості заражених рослин, інфікованих насіннєвих бульб та інших джерел, а також контролю передачі попелицями. Основні методи зменшення поширення *Y*- вірусу включають обприскування рослин мінеральною олією, особливо в поєднанні з інсектицидами. Важливо проводити обприскування на ранніх стадіях сходів після появи перших рослин, продовжувати обприскування щотижня протягом сезону до знищення картоплиння, з додатковими обприскуваннями під час швидкого росту та періодів великої кількості попелиці. Інші методи зменшення поширення *Y*- вірусу включають уникнення механічної передачі польовою технікою, посадки бордюрних посівів або проміжних культур як бар'єр або поглинач для *Y*- вірусу, виведення стійких до *Y* – вірусу сортів картоплі та вчасне видалення рослин з симптомами вірусних хвороб з полів [10;11].

Слід відмітити, що відповідно до принципів ІБШ (інтегрованої боротьби з хворобами та шкідниками), використання пестицидів слід мінімізувати, щоб захистити навколишнє середовище від забруднення. Ефективною стратегією боротьби з *Y*- вірусом є використання стійких до вірусу сортів, фізичних бар'єрів, обприскування олійними оліями та сівозміни як комплексного підходу [12;13;14].

Польові випробування проведені протягом сезонів 2017 та 2018 років у Флориді (США) з використанням роздільно-блочної схеми, на трьох сортах картоплі як основну ділянку з трьома термінами застосування десикації та дві норми дикванту встановлено високий потенціал покращення післязбиральної якості картоплі принаймні за проведення десикації за два тижні до запланованого збору врожаю [15].

Дослідженнями встановлено, що мінеральні олії зменшують поширення *Y* – вірусу картоплі більш ніж на 50 % порівняно з необробленим контролем [10;16]. Виявлено високий рівень ефективності мінеральних олій у поєднанні

з інсектицидними обробками (понад 50 %) для захисту насіннєвої картоплі від інфекції Y- вірусу картоплі в польових умовах [17;18] .

Встановлено, що застосування нанопрепаратів на основі наночастинок металів та неметалів сприяє підвищенню вмісту антиоксидантних ферментів, посилює фізіологічні процеси і покращує поглинання поживних речовин сільськогосподарськими культурами в умовах екологічних стресів [19;20].

НЧ оксиду міді (CuONP) з використанням екстракту апельсинової кірки забезпечували ефективний контроль інфекції вірусу тютюнової мозаїки (ВТМ) (*Tobacco mosaic virus*) як *in vitro*, так і *in vivo* [21]. Виявлено, що НЧ Fe₃O₄ проявляють антивірусну активність щодо *Tobacco mosaic virus* [22].

Мета досліджень. Встановити вплив нових методів захисту базової насіннєвої картоплі від вірусних інфекцій у зоні Полісся України на її насіннєву продуктивність та якість.

Матеріали та методи Дослідження проводили в розсаднику базового насінництва картоплі Інституту картоплярства НААН України в умовах просторової ізоляції від основних джерел та переносників вірусних інфекцій картоплі.

Для досягнення мети досліджень вирішували наступні завдання:

– Визначити вплив застосування нанопрепаратів, обробок рослин картоплі інсектицидами, мінеральною олією та десикації картоплиння на урожай насіннєвих бульб картоплі розміром 30-60 мм у найбільшому поперечному діаметрі;

– Встановити залежність ступеню зараження базової насіннєвої картоплі вірусною інфекцією від використання нанопрепарату «Аватар-2 захист», НЧ Ni, обробок рослин картоплі інсектицидами, мінеральною олією та десикації картоплиння.

Об'єкт досліджень – базовий насіннєвий матеріал картоплі середньостиглих сортів Мирослава та Фотинія. У 2021–2023 рр. для досліджень використовували сертифікований насіннєвий матеріал картоплі класів супер-супереліти, супереліти та еліти, оздоровлений методами біотехнології.

Польовий дослід закладено за дотримання положень «Картоплярство: Методика дослідної справи» [23]. Схема досліді наведена в табл.1.

Таблиця 1

Схема досліді

№ варіанта	Варіанти досліді
1	Контроль 1. Обробка бульб препаратом «СелестТ
2	Обробка насіннєвого матеріалу препаратом «Аватар-2 захист», 300 мл/га; обробка рослин* «Аватар-2 захист», 200 мл /га
3	Обробка насіннєвого матеріалу препаратом «СелестТ
4	Контроль 2. Обробка насіннєвого матеріалу препаратом «СелестТ
5	Обробка насіннєвого матеріалу «Аватар-2 захист», 300 мл/га; обробка рослин* препаратом «Аватар-2 захист», 200 мл /га; десикація «РеглонТ
6	Обробка насіннєвого матеріалу протруйником «СелестТ
7	Контроль 3. Обробка насіннєвого матеріалу «СелестТ
8	Обробка насіннєвого матеріалу препаратом «Аватар-2 захист», 300 мл/га ; обробка рослин* препаратом «Аватар-2 захист», 200 мл/га; обробка рослин* мінеральною олією «ОЛЕМІКС® 84, к.е.», 1,0 л/га; десикація «РеглонТ
9	Обробка насіннєвого матеріалу препаратом «СелестТ

Примітка: Обробка рослин по вегетації препаратами «Аватар-2 захист», мінеральною олією «ОЛЕМІКС® 84, к.е.», НЧ Ni проводилася у фазі розвитку рослин: сходи (ВВСН 1–10) та бутонізація (ВВСН 51–59).

Як базова модель на усіх варіантах дослідів, окрім 1 (контроль) використано інсектицидно-фунгіцидний захист насаджень від шкідників та хвороб, який включав препарати: «Енжіо® 247 SC к.с.», 0,18 л/га; «Фастак® 100 ЕС», 0,07–0,10 л/га; «Карате® Зеон 050 ЕС», 0,1–0,2 л/га; «Метаксил®» 3П, 2,5 кг/га; «Ширлан® 500 SC», 0,3 л/га; «Натіво® 75 WG» в.г., 0,35 кг/га. Обробки насіннєвого матеріалу картоплі та обприскування рослин здійснювали ручним оприскувачем, з нормою води за обробки насіння – 10 л/т, за обробки рослин – 170 л/га.

Повторність дослідів – чотириразова. Загальна площа варіанту – 22,5 м², облікова – 11,25 м². Дослід закладено методом накладання впродовж 2021–2023 рр., тобто насіннєвий матеріал не змінювали кожного наступного вегетаційного сезону. Схема садіння картоплі – 75х20 см за густоти стояння рослин – 66,7 тис. шт./га. Технологія вирощування – загальноприйнята для насінницьких насаджень картоплі у зоні Полісся України. Агротехніка поля включала такі технологічні операції: веснооранку, культивування, формування гребенів за допомогою фрезерного культиватора. Система удобрення – мінеральні добрива у вигляді нітроамофоски з нормою 5 ц/га у фізичній вазі або N80P80K80 в кг д.р./га з внесенням їх локально у борозни під час садіння картоплі, внесення врозкид перед культивацією калімагнезії в дозі K30 кг д.р. /га, підживлення рослин аміачною селітрою – N20 кг д.р./га у фазу росту та розвитку рослин картоплі – сходи (BVCH 1–10).

У досліді використано НЧ Ni та багатокомпонентний мікроелементний препарат «Аватар-2 захист». Діючими речовинами препарату «Аватар-2 захист» є йони таких хімічних елементів, як S, Cu, I, Al., Ni, Bi та V, що отримані за допомогою нанотехнологій і знаходяться в органічних сполуках із лимонною кислотою. Також до складу препарату входять такі елементи як Mg, Zn, Fe, Mn, Co, Mo, La, Ti, Se, Ge, Si, B та Ce. Препарат «Аватар-2 захист» зареєстрований в Україні та має сертифікат ТОВ «Органік Стандарт». Колоїдні системи НЧ Ni містять його НЧ як дисперсну фазу 1,5–2,5 % розчин лимонної кислоти як дисперсійне середовище. Доза препарату на основі НЧ Ni вказана виробником (ТОВ «Науково-виробнича компанія «Аватар»).

Десикацію здійснювали у момент формування у структурі урожаю насіннєвих бульб, які мають розмір не більше меж 28–60 мм у поперечному діаметрі у кількості не більше 70–80 %. Для видалення картоплиння застосовували десикант «Реглон® Супер 150, SL» загальною нормою 2 л/га з внесенням у декілька етапів – перша обробка картоплиння з нормою 0,8 л/га, друга – 1,2 л/га. До кожної фунгіцидно-інсектицидної обробки додавали препарат на основі мінеральної олії – «ОЛЕМІКС® 84, к.е» в дозі 1,0 л/га з внесенням 300 л/га води.

Облік урожаю – подільний, з кожного варіанту й повторення. Перед початком збирання врожаю проводили повний облік кількості здорових та виявлених хворих рослин, відзначали місця можливих винятків. Визначення структури урожаю за розміром бульб проводили відповідно [23] та згідно норм ДСТУ 4014:2001 [24].

Статистичну обробку експериментальних даних проводили за схемою однофакторного дисперсійного аналізу результатів польового дослідів [23]. Приріст урожайності розраховувався відносно контролів відповідно до схеми дослідів (табл.1). Вміст вірусної інфекції у рослинах картоплі визначали методом індексації бульб у післязбиральний період відповідно до «Методика визначення посівних якостей та післязбирального оцінювання прямого потомства насіннєвої картоплі» [24] оцінку вірусологічного стану насіннєвого матеріалу - відповідно норм [25].

Для лабораторного виявлення наявності та вмісту вірусної інфекції використовували метод твердофазного імуноферментного аналізу (ІФА) (подвійний сендвіч-варіант, DAS-ELISA) з використанням комерційних тест-систем фірми “LOEWE”, Німеччина. Результати реакції реєстрували на рідері Termo Labsystems Opsis MR (США) з програмним забезпеченням Dynex Revelation Quicklink при довжині хвиль 405/630 нм. Обробку даних оптичної густини зразків проводили методом описової статистики, визначаючи середні та стандартні відхилення

даних. Порогове значення оптичної густини, яке відрізняє позитивні результати ферментативної реакції від значення фону, визначали для кожного планшета окремо і згідно з рекомендаціями [26].

Виклад основного матеріалу дослідження. Важливим параметром ефективності виробництва насіннєвої картоплі є вміст у загальному урожаї фракції насіннєвих бульб розміром 30–60 мм за найбільшим поперечним діаметром [27;28]. Десикація картоплиння проводиться на початку відмирання рослин і може викликати зниження рівня загального врожаю. Для припинення росту рослин на практиці застосовують десикацію картоплиння шляхом обприскування надземної маси рослин водним розчином препарату «Реглон □ Супер 150, SL» у дозі 2,0 л/га.

Визначення впливу препарату «Аватар-2 захист» на урожайність бульб розміром 30–60 мм за найбільшим поперечним діаметром бульби показало, що в середньому за 2021–2023 рр. обробки садивного матеріалу та насаджень за схемою: обробка насіння «Аватар-2 захист» 300 мл/га + обробка рослин «Аватар-2 захист» 200 мл /га по вегетації (варіант 2) становив 2,4 т/га або 12,9 %, за сортом сорту Мирослава та за сортом Фотинія – 1,8 т/га або 9,6 %, табл.2. За використання препарату на основі НЧ Ні не сприяло зростанню урожайності насіннєвих бульб картоплі. Дослідженнями встановлено, що відносно контролю з десикацією за внесення «Аватар-2 захист» відмічено приріст врожаю насіннєвої картоплі за сортом Мирослава 1,4 т/га (6,3%), за сортом Фотинія – на 1,4 т/га (7,1%) за врожайності на контролі із застосуванням десикації по сорту Мирослава – 22,3 т/га та відповідно по сорту Фотинія – 19,8 т/га.

Внесення препарату «Аватар-2 захист», застосування десикації та обробок рослин мінеральною олією «ОЛЕМІКС® 84, к.е» сприяли збільшенню насіннєвої урожайності сорту картоплі Мирослава на 1,4 т/га (6,3%) за врожайності на контролі з десикацією 22,1 т/га. За сортом картоплі Фотинія від комплексному застосування «Аватар-2 захист», десикації та обробок рослин мінеральною олією «ОЛЕМІКС® 84, к.е» приросту насіннєвої продуктивності базової насіннєвої картоплі не виявлено. Відносно контролю без десикації приріст урожаю насіннєвих бульб становив за сортом Мирослава 3,8 т/га або 20,5 %, за сортом Фотинія – на 2,9 т/га або 13,4 %.

Результати імуноферментної діагностики насіннєвої картоплі у післязбиральний період у 2023 році (табл.3) показали, що обробки садивного матеріалу та вегетуючих рослин картоплі нанопрепаратом «Аватар-2 захист» сприяли зниженню зараження насіннєвої картоплі вірусом -Y. Зниження рівня зараження рослин картоплі вірусом -Y відносно контрольного варіанту сортів Мирослава та Фотинія становило 0,5%, за показника у контролі – 1,0%.

Обробка рослин «Аватар-2 захист» та десикація картоплиння протягом трьох вегетаційних сезонів (варіант 6) забезпечили відсутність заражених рослин картоплі вірусом -Y, тоді як на контрольному варіанті було виявлено 1,0 % хворих рослин.

Застосування обробок насаджень насіннєвої картоплі мінеральною олією «ОЛЕМІКС® 84, к.е.» у поєднанні з обробками рослин «Аватар-2 захист» та десикацією картоплиння протягом трьох вегетаційних сезонів (варіант 7, 8, 9) забезпечило у сортів Мирослава та Фотинія відсутність зараження рослин вірусом -Y при зараженні на контролі 1,0 % рослин.

Встановлення рівня зараження базової насіннєвої картоплі М-вірусом картоплі показало, що на контрольному варіанті без застосування інсектицидних обробок він складав за сортом Мирослава 5,0 % інфікованих рослин, за сортом Фотинія – 4,5 %, перевищує допуск Наказу Міністерства аграрної політики та продовольства України від 12.07.2019 р. № 38 «Про затвердження Методичних вимог у сфері насінництва щодо збереження сортових та посівних якостей насіннєвої картоплі» для базового насіння класу еліта, який становить не більше 4,0 % рослин.

Таблиця 2
Урожайність насіннєвих бульб (розміром 30-60 мм) базової насіннєвої картоплі залежно від застосування методів захисту рослин від зараження вірусними інфекціями, т/га, 2021 – 2023 рр.

№ варіанта	Варіанти дослід (скорочено)	2021 р.		2022 р.		2023 р.		2021 – 2023 рр.				
		Урожайність, т/га	Приріст т/га %	Урожайність, т/га	Приріст т/га %	Урожайність, т/га	Приріст т/га %	Урожайність, т/га	Приріст т/га %			
Сорт Мираслава												
1.	Контроль 1. Обробка «СелестГ	21,5	-	-	-	22,3	-	11,6	-	18,5	-	-
2.	Обробка «Аватар-2 захист»	24,6	3,1	14,4	-	25,1	2,8	12,6	1,5	12,9	20,9	2,4
3.	Обробка Ні + «СелестГ НІР	21,6	-	-	-	21,8	-	9,8	-	-	17,7	-
	S ₉₅ %	-	-	0,66	-	-	0,41	-	0,31	-	-	-
		-	-	0,97	-	-	0,60	-	0,93	-	-	-
4.	Контроль 2. Обробка «СелестГ	25,9	-	-	-	23,5	-	17,5	-	-	22,3	-
5.	Обробка «Аватар-2 захист» + десикація	26,9	1,0	3,9	-	26,1	2,6	11,1	-	-	23,7	1,4
6.	Обробка Ні + «СелестГ	25,5	-	-	-	24,4	-	17,2	-	-	22,4	0,1
	НІР	-	-	0,31	-	-	0,73	-	0,65	-	-	-
	S ₉₅ %	-	-	0,39	-	-	1,01	-	1,26	-	-	-
7.	Контроль 3. Обробка «СелестГ	25,9	-	-	-	23,4	-	17,1	-	-	22,1	-
8.	Обробка «Аватар-2 захист» + мінеральна олія + десикація	28,6	2,7	10,4	-	23,8	-	18,1	1	5,9	23,5	1,4
9	Обробка Ні + «СелестГ	25,4	-	-	-	23,7	-	17,8	-	-	22,3	0,2
	НІР	-	-	0,47	-	-	0,49	-	0,34	-	-	-
	S ₉₅ %	-	-	0,59	-	-	0,72	-	0,65	-	-	-
Сорт Фотинія												
1.	Контроль 1. Обробка «СелестГ	19,0	-	-	-	23,8	-	13,3	-	-	18,7	-
2.	Обробка «Аватар-2 захист»	21,5	2,5	13,2	-	25	1,2	5,0	1,8	13,5	20,5	1,8
3.	Обробка Ні + «СелестГ НІР	20,1	1,1	5,8	-	19,5	-	13,8	-	-	17,8	-
	S ₉₅ %	-	-	0,50	-	-	0,60	-	0,52	-	-	-
		-	-	0,8	-	-	0,90	-	1,25	-	-	-
4.	Контроль 2. Обробка «СелестГ	20,0	-	-	-	22,4	-	16,9	-	-	19,8	-
5.	Обробка «Аватар-2 захист» + десикація	21,6	1,6	8,0	-	24,6	2,2	9,8	-	-	21,2	1,4
6.	Обробка Ні + «СелестГ	20,1	-	-	-	24,9	2,5	11,2	-	-	20,6	0,8
	НІР	-	-	0,45	-	-	0,56	-	0,45	-	-	-
	S ₉₅ %	-	-	0,7	-	-	0,81	-	0,92	-	-	-
7.	Контроль 3. Обробка «СелестГ	20,0	-	-	-	25,9	-	17,9	-	-	21,3	-
8.	Обробка «Аватар-2 захист» + мінеральна олія + десикація	21,0	1,0	5,0	-	24,0	-	19,7	1,8	10,0	21,6	0,3
9	Обробка Ні + «СелестГ	20,2	-	-	-	25,9	-	19,5	1,6	8,9	21,9	0,6
	НІР	-	-	0,45	-	-	0,54	-	0,39	-	-	-
	S ₉₅ %	-	-	0,71	-	-	0,74	-	0,70	-	-	-

Застосування десикації картоплиння знижувало ураження рослин сорту Мирослава на 2,0 %, поєднання її з обробками «Аватар-2 захист» – на 3,0 %, за сортом Фотинія – на 1,5 % поєднання її з обробками «Аватар-2 захист» – на 3,0 %.

Використання мінеральної олії на фоні десикації сприяло зниженню кількості заражених рослин М-вірусом сортів Мирослава та Фотинія – на 3,0 %. Поєднання мінеральної олії та десикації з обробками «Аватар-2 захист» сприяло зменшенню зараження насіннєвої картоплі сортів Мирослава та Фотинія відносно контролю без обробок на 4,0 %. Виявлено вплив препарату НЧ Ні на зниження кількості заражених рослин М-вірусом сорту Фотинія на 0,5 % відносно контролю.

Таблиця 3

Залежність зараження базової насіннєвої картоплі інфекцією Y-, M-, S, X – вірусів картоплі та вірусом скручування листків картоплі (ВСЛК) від застосування елементів системи захисту рослин, %, 2023 р.

Варианта	Варіанти дослідів	Y	M	S	ВСЛК	X	Всього	Допуск*
Сорт Мирослава								
1.	Контроль 1. Обробка «СелестТ	1,0	5,0	0	0	0	6,0	4,0
2.	Обробка «Аватар-2 захист»	0,5	3,0	0	0	0	3,5	4,0
3.	Обробка Ні + «СелестТ	1,0	5,0	0	0	0	6,0	4,0
4.	Контроль 2. Обробка «СелестТ	0,5	3,0	0	0	0	3,5	4,0
5.	Обробка «Аватар-2 захист» + десикація	0	2,0	0	0	0	2,0	4,0
6.	Обробка Ні + «СелестТ	0,5	4,0	0	0	0	4,5	4,0
7.	Контроль 3. Обробка «СелестТ	0	2,0	0	0	0	2,0	4,0
8.	Обробка «Аватар-2 захист» + «СелестТ	0	1,0	0	0	0	1,0	4,0
9.	Обробка Ні + «СелестТ	0	2,0	0	0	0	1,0	4,0
Сорт Фотинія								
1.	Контроль 1. Обробка «СелестТ	1,0	4,5	0	0	0	5,0	4,0
2.	Обробка «Аватар-2 захист»	0,5	3,0	0	0	0	3,5	4,0
3.	Обробка Ні + «СелестТ	1,0	4,0	0	0	0	4,0	4,0
4.	Контроль 2. Обробка «СелестТ	0,5	3,0	0	0	0	3,5	4,0
5.	Обробка «Аватар-2 захист» + десикація	0	1,5	0	0	0	1,5	4,0
6.	Обробка Ні + «СелестТ	0,5	2,5	0	0	0	3,0	4,0
7.	Контроль 3. Обробка «СелестТ	0	1,5	0	0	0	1,5	4,0
8.	Обробка «Аватар-2 захист» + «СелестТ	0	0,5	0	0	0	0,5	4,0
9.	Обробка Ні + «СелестТ	0	1,5	0	0	0	1,5	4,0

Примітка: Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України від 12.07.2019 р. № 384 «Про затвердження Методичних вимог у сфері насінництва щодо збереження сортових та посівних якостей насіннєвої картоплі»

Висновки і пропозиції. Встановлено вплив нових методів захисту базової насінневої картоплі від вірусних інфекцій у зоні Полісся України на її насіннєву продуктивність та якість.

Внесення препаратів «Аватар-2 захист», застосування десикації та обробки рослин картоплі мінеральною олією «ОЛЕМІКС® 84, к.е» сприяли збільшенню насіннєвої урожайності сорту Мирослава на 1,4 т/га (6,3%), відносно контролю без десикації 3,8 т/га або 20,5 %, за сортом Фотинія – на 2,9 т/га або 13,4 %.

За результатами імуноферментного аналізу встановлено, що застосування обробок насаджень насінневої картоплі мінеральною олією «ОЛЕМІКС® 84, к.е.» у поєднанні з обробками рослин «Аватар-2 захист» та десикацією картоплиння протягом трьох вегетаційних сезонів забезпечило отримання базової насінневої картоплі класу еліта сортів Мирослава та Фотинія з вмістом вірусної інфекції Y- та M- вірусів картоплі в межах 0,5 -1,5 %, що нижче норм Наказу Міністерства аграрної політики та продовольства України від 12.07.2019 р. № 384 «Про затвердження Методичних вимог у сфері насінництва щодо збереження сортових та посівних якостей насінневої картоплі» для базового насіння (БН) класу еліта, який становить не більше 4,0 % рослин за ураженні на контрольних варіантах за сортом Мирослава – 5,0 % та сортом Фотинія – 6,0 %.

За проведення обробок насаджень насінневої картоплі мінеральною олією «ОЛЕМІКС® 84, к.е.» у поєднанні з обробками рослин «Аватар-2 захист» та десикацією картоплиння за результатами імуноферментного аналізу не виявлено заражених рослин картоплі вірусом-Y за рівня зараження даним вірусом на контролі 1,0 % рослин.

Поєднання мінеральної олії та десикації з обробками «Аватар-2 захист» сприяло зменшенню зараження насінневої картоплі сортів Мирослава та Фотинія відносно контролю без обробок на 4,0 %. Виявлено вплив препарату НЧ Ні на зниження кількості заражених рослин M-вірусом сорту Фотинія на 0,5 % відносно контролю.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Management performance mapping and the value of information for regional prioritization of management interventions / C. Buddenhagen et al. *Phytopathology*. 2022. Vol. 112, no. 7. P. 1431–1443. URL: <https://doi.org/10.1094/phyto-05-20-0202-r> (date of access: 03.06.2025).
2. Potato Viruses and Their Management / R. Kumar et al. *Sustainable Management of Potato Pests and Diseases*. Singapore, 2022. P. 309–335. URL: https://doi.org/10.1007/978-981-16-7695-6_12 (date of access: 03.06.2025).
3. Viral Diseases in Potato / J. F. Kreuze et al. *The Potato Crop*. Cham, 2020. P. 389–430. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-28683-5_11 (date of access: 03.06.2025).
4. Torrance L., Talianksy M. E. Potato Virus Y Emergence and Evolution from the Andes of South America to Become a Major Destructive Pathogen of Potato and Other Solanaceous Crops Worldwide. *Viruses*. 2020. Vol. 12, no. 12. P. 1430. URL: <https://doi.org/10.3390/v12121430> (date of access: 03.06.2025).
5. Семенчук В. Г. Ефективність використання садивного матеріалу картоплі, одержаного за різних строків видалення картоплиння. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2015. Т. 58, № 1. С. 188–193. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/pgzt_2015_58\(1\)_30](http://nbuv.gov.ua/UJRN/pgzt_2015_58(1)_30). (дата звернення: 03.06.2025).
6. Тимко Л., Гайдук Л. Оптимальні терміни видалення картоплиння базової насінневої картоплі в умовах правобережної частини полісся України. Міжвідомчий тематичний науковий збірник. *Картоплярство*. 2024. № 48. С. 68–79. URL: <https://doi.org/10.52087/0130-2094.2024.48.06> (дата звернення: 03.06.2025).
7. Вишневська О.В., Костянець М.І., Чумак В.О. та ін. Методи зниження повторного інфікування вірусами оздоровленого насіннєвого матеріалу картоплі в

умовах південного полісся України. *Агробіологія*. 2017. №1(131). С. 132–141. URL: <https://agrobiologiya.btsau.edu.ua/uk/content/metody-znyzhennya-povtornogo-infikuvannya-virusamy-ozdorovlenogo-nasinnnyevogo-materialu> (дата звернення: 03.06.2025).

8. Virtanen E., Seppänen M. Effects of Haulm Killing on Seed Potato Quality. *Journal of Agricultural Science*. 2014. Vol. 6, no. 3. URL: <https://doi.org/10.5539/jas.v6n3p168> (date of access: 03.06.2025).

9. Поширення Y-вірусу в Чернігівській та Київській областях / І.В. Демчук, Л.М. Решотько, І.В. Волкова, О.В. Вишневська. *Вісник аграрної науки*. 2024. Т. 102, № 3. С. 21–27. URL: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202403-03> (дата звернення: 03.06.2025).

10. MacKenzie T. D. B., Nie X., Singh M. Epidemiology and Management of Potato Virus Y. *Emerging Trends in Plant Pathology*. Singapore, 2020. P. 113–140. URL: https://doi.org/10.1007/978-981-15-6275-4_6 (date of access: 03.06.2025).

11. Lacomme C., Jacquot E. General Characteristics of Potato virus Y (PVY) and Its Impact on Potato Production: An Overview. *Potato virus Y: biodiversity, pathogenicity, epidemiology and management*. Cham, 2017. P. 1–19. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-319-58860-5_1 (date of access: 03.06.2025).

12. Jeger M. J. The Epidemiology of Plant Virus Disease: Towards a New Synthesis. *Plants*. 2020. Vol. 9, no. 12. P. 1768. URL: <https://doi.org/10.3390/plants9121768> (date of access: 03.06.2025).

13. Dupuis B. The movement of potato virus Y (PVY) in the vascular system of potato plants. *European Journal of Plant Pathology*. 2016. Vol. 147, no. 2. P. 365–373. URL: <https://doi.org/10.1007/s10658-016-1008-5> (date of access: 03.06.2025).

14. Aphid Transmission of Potyvirus: The Largest Plant-Infecting RNA Virus Genus / K. R. Gadhave et al. *Viruses*. 2020. Vol. 12, no. 7. P. 773. URL: <https://doi.org/10.3390/v12070773> (date of access: 03.06.2025).

15. Vine Desiccation Timing Strategies for Enhanced Harvest and Storage Quality of Early-Maturing Potato Cultivars / F. S. Krupek et al. *Potato Research*. 2022. URL: <https://doi.org/10.1007/s11540-022-09550-3> (date of access: 03.06.2025).

16. Use of Petroleum-Derived Spray Oils for the Management of Vector-Virus Complex in Potato / M. A. Shah et al. *Potato Research*. 2021. Vol. 65. P. 1–19. URL: <https://doi.org/10.1007/s11540-021-09505-0> (date of access: 03.06.2025).

17. Kamlesh M., Raghavendra K. V., Kumar M. Vector Management Strategies Against Bemisia tabaci (Gennadius) Transmitting Potato Apical Leaf Curl Virus in Seed Potatoes. *Potato Research*. 2020. Vol. 64, no. 2. P. 167–176. URL: <https://doi.org/10.1007/s11540-020-09470-0> (date of access: 03.06.2025).

18. Exploring the Relationship of Potato Viruses with Aphid and Whitefly Vectors / V. Rakesh et al. *Approaches for Potato Crop Improvement and Stress Management*. Singapore, 2024. P. 249–287. URL: https://doi.org/10.1007/978-981-97-1223-6_9 (date of access: 03.06.2025).

19. How Can Biological and Chemical Silver Nanoparticles Positively Impact Physio-Chemical and Chloroplast Ultrastructural Characteristics of Vicia faba Seedlings? / B. A. Alhammad et al. *Plants*. 2023. Vol. 12, no. 13. P. 2509. URL: <https://doi.org/10.3390/plants12132509> (date of access: 03.06.2025).

20. Evaluation of Cytotoxicity, Release Behavior and Phytopathogens Control by Mancozeb-Loaded Guar Gum Nanoemulsions for Sustainable Agriculture / R. Kumar et al. *Journal of Xenobiotics*. 2023. Vol. 13, no. 2. P. 270–283. URL: <https://doi.org/10.3390/jox13020020> (date of access: 03.06.2025).

21. Biosynthesis of cupric oxide nanoparticles: its antiviral activities against TMV by directly destroying virion and inducing plant resistance / S. Liu et al. *Phytopathology Research*. 2024. Vol. 6, no. 1. URL: <https://doi.org/10.1186/s42483-024-00250-z> (date of access: 03.06.2025).

22. Foliar exposure of Fe₃O₄ nanoparticles on *Nicotiana benthamiana*: Evidence for nanoparticles uptake, plant growth promoter and defense response elicitor against plant virus / L. Cai et al. *Journal of Hazardous Materials*. 2020. Vol. 393. P. 122415. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122415> (date of access: 03.06.2025).

23. Картоплярство: методика дослідної справи / за ред. Бондарчука А.А., Колтунова В.А. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2019. 652 с.

24. Картопля насіннєва. Відбір проб і методики визначення посівних якостей. ДСТУ 4014–2001. Київ: Держспоживстандарт України. 2021.

25. Фурдига М.М., Вишневська О.В., Олійник Т.М. та ін. Методика визначення посівних якостей та післязбирального оцінювання прямого потомства насіннєвої картоплі. Вінниця: Твори, 2024. 103 с.

26. Наказ Мінагрополітики України від 12.07.2019 № 38. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0829-19>

27. Technical Information. ELISA Data Analysis. Version: 4 – 11.07.2014. URL: <http://www.bioreba.ch/?idpage=6>

28. ДСТУ 4013:2001. Сортові та посівні якості картоплі насіннєвої. Технічні умови. Київ: Держспоживстандарт України. 2001

29. Фурдига М.М., Вишневська О.В., Олійник Т.М. та ін. Методичні рекомендації з польового оцінювання насаджень насіннєвої картоплі. Вінниця: Твори, 2023. 123 с.

УДК 631.816:633.853.52(477.83)

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.144.16>

АГРОБІОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ МІНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕННЯ РИЖІЮ ЯРОГО В УМОВАХ ЗАХІДНОГО РЕГІОНУ УКРАЇНИ

Майданський А.Г. – аспірант кафедри лісового і аграрного менеджменту,
Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника
orcid.org/0009-0009-3745-0092

Григорів Я.Я. – к.с.-г.н.,
доцент кафедри лісового і аграрного менеджменту,
Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника
orcid.org/0000-0002-5892-9483

У статті представлено результати багаторічних польових досліджень з вивчення впливу мінерального удобрення на агробіологічні показники рижію ярого (*Camelina sativa* L.) в умовах західного регіону України. Метою роботи було оцінити ефективність різних доз і способів внесення мінеральних добрив щодо формування тривалості вегетаційного періоду, наростання біомаси, структурних елементів урожаю та рівня насіннєвої продуктивності культури. Встановлено, що тривалість вегетаційного періоду, як і окремих фенофаз, безпосередньо залежала від рівня мінерального живлення. У варіантах без добрив тривалість періоду «розетка – бутонізація» становила 31 день, тоді як за внесення мінеральних добрив цей показник збільшувався до 37–38 днів. Аналогічно, тривалість періоду «бутонізація – цвітіння» зростала з 6 до 9 днів. Найдовший вегетаційний період (80 днів) зафіксовано за поєднання основного удобрення ($N_{30}P_{45}K_{45}$) з позакореневим підживленням Блек Джеком, що на 13 діб більше, ніж у контрольному варіанті.

Упродовж вегетації накопичення сухої біомаси рослин рижію також зростало пропорційно до інтенсивності мінерального удобрення. Найнижчу урожайність (0,97 т/га) отримано без удобрення, тоді як найвищу – 2,03 т/га – за комбінованого внесення мінеральних добрив і мікродобрив. З'ясовано, що інтенсифікація живлення сприяла пролонгації вегетаційного періоду, наростанню біомаси та підвищенню продуктивності культури.

Результати дисперсійного аналізу підтвердили достовірність впливу мінерального живлення на продуктивність рижію ярого, де частка впливу добрив сягала 45 %. Отже, застосування збалансованого мінерального удобрення є ефективним засобом підвищення урожайності цієї культури в умовах дерново-опідзолених ґрунтів Прикарпаття.

Ключові слова: рижій ярий, мінеральне удобрення, урожайність, агробіологічна оцінка, вегетаційний період.

Maidanskyi A.H., Hryhoriv Ya.Ya. Agrobiological Assessment of the Effectiveness of Mineral Fertilization of Spring Camelina under the Conditions of the Western Region of Ukraine

The article presents the results of multi-year field studies on the impact of mineral fertilization on the agrobiological indicators of spring camelina (*Camelina sativa* L.) under the conditions of the western region of Ukraine. The aim of the study was to evaluate the effectiveness of different fertilizer rates and application methods in relation to the duration of the growing season, biomass accumulation, yield structure components, and seed productivity of the crop. It was established that the length of the growing season, as well as individual phenophases, was directly dependent on the level of mineral nutrition. In the unfertilized control variant, the duration of the "rosette-bud formation" period was 31 days, while under mineral fertilization it extended to 37–38 days. Similarly, the duration of the "bud formation-flowering" phase increased from 6 to 9 days. The longest growing period (80 days) was recorded in the treatment combining base fertilization ($N_{30}P_{45}K_{45}$) with foliar application of Black Jack, which was 13 days longer than the control.

Throughout the growing season, the accumulation of dry biomass in camelina plants increased proportionally to the intensity of mineral fertilization. The lowest seed yield (0.97 t/ha) was obtained without fertilization, while the highest (2.03 t/ha) was achieved under combined application of mineral fertilizers and micronutrients. It was revealed that intensification of plant

nutrition contributed to prolongation of the growing season, increased biomass accumulation, and improved crop productivity.

The results of the analysis of variance confirmed the statistically significant influence of mineral nutrition on the productivity of spring camelina, with the fertilizer factor accounting for up to 45% of the total variation. Thus, the application of balanced mineral fertilization is an effective tool for increasing the yield of this crop under sod-podzolic soil conditions of the Precarpathian region.

Key words: *spring camelina, mineral fertilization, yield, agrobiological evaluation, vegetation period.*

Актуальність теми дослідження. У сучасних умовах зміни клімату, зростання цін на енергоресурси та потреби у розширенні сировинної бази для біоенергетики особливої актуальності набуває впровадження у виробництво невибагливих, енергоефективних та високопродуктивних культур. Однією з таких є ріжій ярий (*Camelina sativa*), який характеризується коротким вегетаційним періодом, стійкістю до посухи, добрим насіннєвим і олійним потенціалом, що робить його перспективною культурою для вирощування у різних агрокліматичних зонах, зокрема у західному регіоні України.

Незважаючи на біоенергетичний та аграрний потенціал ріжію, агробіологічні основи його вирощування в умовах Прикарпаття залишаються недостатньо дослідженими. Особливо це стосується оптимізації елементів мінерального живлення, що є одним із визначальних факторів у формуванні врожайності, якості насіння та біомаси культури. На фоні глобальних викликів, таких як деградація ґрунтів, зниження рентабельності вирощування традиційних культур та необхідність збереження агроекологічної рівноваги, важливо визначити оптимальні системи удобрення, які забезпечують високий рівень продуктивності без надмірного антропогенного навантаження на навколишнє середовище [1, 2].

Таким чином, дослідження ефективності мінерального удобрення ріжію ярого є своєчасним та практично значущим для формування адаптивних агротехнологій, спрямованих на підвищення енерго- й ресурсоефективності сільськогосподарського виробництва у західному регіоні України.

Постановка проблеми. Ріжій посівний (*Camelina sativa* L. Crantz) є ярою олійною культурою, що належить до родини *Brassicaceae* та роду *Camelina*. Його генетичне походження пов'язують із територіями Східної Європи та Південно-Західної Азії, де й нині зустрічаються дикорослі форми цього виду. Як сільськогосподарська культура ріжій почав систематично вирощуватися з другої половини XVIII століття. Перші документальні згадки про культивування ріжію стосуються Франції, після чого культура набула поширення в Німеччині, Бельгії, Нідерландах та Великій Британії [3-5]. У науковій літературі ріжій ярий розглядається як одна з найдавніших культурних рослин на території Західної Європи [6].

Згідно з літературними джерелами, починаючи з 1940 року, ріжій ярий в Україні культивувався як олійна культура другорядного значення, площа посівів якої на той час становила 11,4 тис. га [7]. У подальші роки, у зв'язку з активним розширенням площ під соняшник, ріпак та інші високоурожайні олійні культури, інтерес до вирощування ріжію значно зменшився, що призвело до його майже повного витіснення з агровиробництва. Незначні площі залишалися під цією культурою з метою отримання сировини для мильно-косметичної промисловості, а також для використання у складі кормів для птахів [8-10] (Komarova & Rozhkovan, 2003; Hryhoriv, 2020; Hospodarenko & Rassadina, 2015). Станом на сьогодні, ріжій займає близько 5–6 тис. га, що становить близько 3 % загальної площі під олійними культурами, переважно в північних районах Лівобережного Лісостепу України. Проте

потенціал розширення посівних площ під цю культуру оцінюється в 3–4 рази. Завдяки короткому вегетаційному періоду, рижій ефективно використовує ґрунтову вологу й забезпечує формування врожаю за рахунок атмосферних опадів упродовж періоду вегетації [11–12].

У 1980-х роках у США, Канаді, країнах Європи та Австралії було відновлено селекційну роботу з рижієм посівним (*Camelina sativa*), що зумовлено, передусім, високим вмістом Q-3 жирних кислот, зокрема α -ліноленової кислоти, які надають культурі значної цінності в харчовій та технічній галузях. Упродовж останніх десятиліть рижій активно вивчається в контексті різноманітних наукових досліджень, спрямованих на оцінювання його потенціалу як перспективної олійної культури для подальшого використання в аграрному секторі та біоенергетиці.

У 2007 році в Сполучених Штатах Америки площі вирощування рижію посівного (*Camelina sativa*) становили близько 15 000 акрів, основна частина з яких була зосереджена у штаті Монтана. Надалі спостерігалася тенденція до розширення посівних площ цієї культури, що супроводжувалося зростанням зацікавленості до неї в інших країнах. Такий інтерес обумовлений, зокрема, підтримкою з боку державних програм стимулювання біоенергетичного виробництва, а також фінансуванням наукових досліджень щодо потенційного використання рижію як сировини для виготовлення авіаційного біопалива [13].

На сучасному етапі основною олійною культурою, яка використовується для виробництва біодизельного палива в країнах Європейського Союзу та в Україні, залишається ріпак озимий та ярий. Згідно з оцінками фахівців Секретаріату Координаційної ради Кабінету Міністрів України з питань аграрної політики, для заміщення щорічного обсягу споживання дизельного пального в обсязі 1,9 млн тонн необхідно виробити приблизно 2,25 млн тонн біодизелю. Це, у свою чергу, вимагає використання близько 5,5 млн тонн насіння ріпаку, з урахуванням технологічного співвідношення 2,4 кг насіння на 1 кг біодизелю [14].

У контексті імплементації положень Директиви 2003/30/ЄС щодо біопалива, держави-члени Європейського Союзу з грудня 2020 року зобов'язані забезпечити використання не менше 10 % біопалива в транспортному секторі. Відповідно, після вступу до ЄС Україна також повинна буде адаптуватися до вимог цієї директиви [6].

Згідно з розрахунками В. В. Лихочвора та В. Ф. Петриченка, у разі вирощування ріпаку на біодизель на площі 2,0 млн гектарів, можна забезпечити потреби в обробітку всієї ріллі України за рахунок отриманого палива [15]. Водночас, істотним агротехнічним недоліком капустяних культур залишається висока втрата врожаю, пов'язана з розтріскуванням стручків під час досягання насіння. За умов середньої урожайності ярого ріпаку на рівні 2,0 т/га та ступеня розтріскування стручків у межах 10–15 %, втрати насіння можуть досягати 0,2–0,3 т/га [16].

Отже, існують вагомі наукові та практичні підстави вважати, що рижій посівний, як одна з давніх, проте недооцінених олійних культур, має високий потенціал для відновлення і активного впровадження у виробництво. У найближчій перспективі він може посісти важливе місце у галузі отримання рослинної олії для біодизелю та виготовлення високобілкових кормових продуктів – шроту і макухи. Це обумовлено його винятковою адаптивністю до різноманітних агроєкологічних умов вирощування, а також економічною доцільністю і високою рентабельністю вирощування.

Методика досліджень. Польові дослідження здійснювалися в межах технологічної сівозміни відділу рослинництва та технології вирощування хрестоцвітих культур Прикарпатської державної сільськогосподарської дослідної станції ІСГ КР НААН України на дерново-опідзоленому ґрунті впродовж 2023–2024 років.

Ґрунтові умови дослідної ділянки характеризуються як дернові глибокі опідзолені глеюваті ґрунти крупнопилювато-важкоглинкового механічного складу з добре сформованим гумусовим горизонтом завтовшки до 75 см. Ґрунти мають слабокислу реакцію середовища (рН 5,1), вміст гумусу становить 2,71 %, рівень забезпеченості основними елементами живлення є таким: азот – 80 мг/кг, фосфор – 43,0 мг/кг, калій – 115,0 мг/кг.

Як попередник культури використовували пшеницю озиму. Посів рижію ярого здійснювали згідно з експериментальною схемою. Для сівби використовували сорт Степовий. Враховуючи низьку чутливість рижію до калійних добрив [9, 16], дослідження було зосереджено на вивченні впливу мінеральних добрив і мікродобрив. У ході досліді мінеральні добрива вносили під основний обробіток ґрунту у формі аміачної селітри та гранульованого суперфосфату відповідно до такої схеми:

Контроль – без добрив;

Фон – ($N_{0-45}P_{45}K_{45}$);

Фон – ($N_{30}P_{45}K_{45}$);

Фон – ($N_{30}P_{45}K_{45}$) + БЛЕК ДЖЕК;

Фон – ($N_{30}P_{45}K_{45}$) + Інтермаг титан.

Дослід проводили у чотириразовому повторенні, площа кожної облікової ділянки становила 20 м². Контрольним варіантом був варіант без внесення добрив. Підживлення посівів рижію ярого здійснювали азотними добривами, мікродобривами відповідно до варіантів експериментальної схеми у фазі розетки.

Технологія вирощування рижію ярого на дослідних ділянках відповідала загальноприйнятим агротехнічним прийомам для ґрунтово-кліматичних умов Прикарпаття, за винятком змінних факторів, що досліджувалися [17].

Погодні та кліматичні умови регіону виступають одним із ключових факторів, що визначають продуктивність і якість врожаю сільськогосподарських культур. Вони можуть слугувати вирішальним критерієм для оцінки доцільності вирощування певних культур та їх впровадження в конкретній території. У зв'язку з цим науковці все частіше зосереджують увагу на аналізі погодних умов у період проведення досліджень, спрямованих на визначення продуктивності рижію ярого залежно від сортових особливостей та агротехнічних заходів у кліматичних умовах Прикарпаття, Україна.

Природно-кліматичні умови Івано-Франківської області є сприятливими для розвитку сільського та лісового господарства, а також для вирощування основних сільськогосподарських культур.

Аналіз гідротермічних умов вегетаційного періоду рижію ярого у роки проведення досліджень здійснювали на основі даних Івано-Франківської обласної метеостанції. Варто відзначити, що погодні умови протягом вегетаційного періоду рижію ярого істотно відрізнялися від середніх багаторічних показників як за температурним режимом, так і за обсягом опадів.

Встановлено, що за останні два десятиліття середня температура весни підвищилася на 0,8 °С, переважно за рахунок підвищення температури у березні, тоді як осінні температурні зміни були незначними. Водночас, через природні аномалії спостерігається прискорення весняного цвітіння та передчасне дозрівання, що суттєво впливає на тривалість вегетаційного періоду культур і загальний рівень їх продуктивності.

Математичну обробку отриманих аналітичних даних проводили за допомогою дисперсійного та кореляційного аналізів згідно з методикою В.О. Ушкаренка та співавторів [18], із застосуванням комп'ютерної програми «Агростат».

Результати досліджень. Відомо, що тривалість вегетаційного періоду та окремих фенофаз суттєво впливає на рівень врожайності рослин. За умов посушливої погоди та дефіциту поживних речовин ці періоди скорочуються, що призводить до зниження продуктивності. Натомість при оптимальному водозабезпеченні та адекватному мінеральному живленні тривалість вегетації подовжується, що сприяє підвищенню врожайності культур.

Фенологічні спостереження засвідчили, що досліджувані фактори суттєво впливали на тривалість вегетаційного періоду рижію ярого. Аналіз отриманих результатів свідчить, що тривалість вегетаційних та міжфазних періодів цього виду рослин переважно залежала від застосованої системи удобрення (рис. 1).

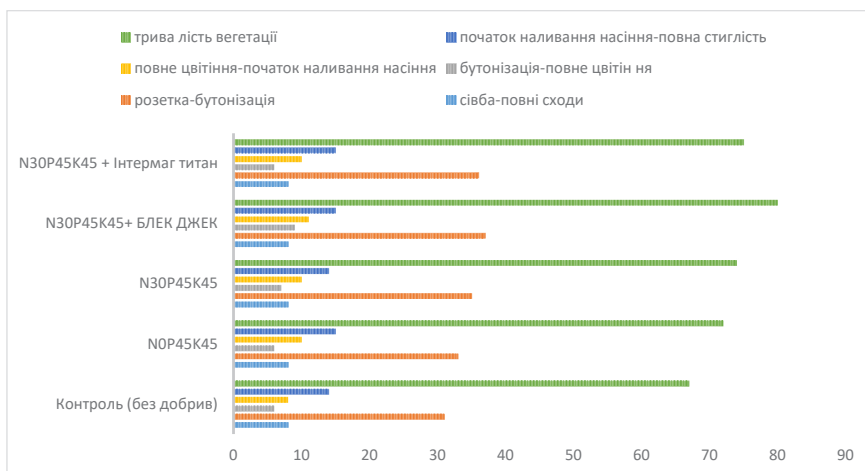


Рис. 1. Тривалість міжфазних періодів росту і розвитку рижію ярого залежно від рівня удобрення, середнє за 2023-2024 рр.

У середньому за період досліджень 2023-2024 рр. сходи рижію ярого з'являлися на 8-й день після сівби, що зумовлено достатнім рівнем опадів та сприятливою температурою повітря. Спостерігалось, що в контрольному варіанті (без добрив) поява сходів відбувалась одночасно з варіантами, які передбачали внесення мінеральних добрив. Починаючи з фази розетки, тривалість міжфазних періодів збільшувалась залежно від застосованої системи удобрення.

Встановлено, що тривалість міжфазного періоду від розетки до бутонізації рижію ярого у варіантах без внесення добрив (контроль) становила 31 дні, тоді як за застосування мінеральних добрив цей період подовжувався до 37 діб. Слід зазначити, що у варіантах із двоетапним підживленням азотними добривами та мікродобривами тривалість періоду розетка-бутонізація також досягала 38 днів. Це пояснюється тим, що підвищені дози добрив уповільнюють процеси старіння рослинного організму, підтримуючи життєздатність листової поверхні та посилюючи фотосинтетичну активність.

Так, тривалість міжфазного періоду від бутонізації до цвітіння у контрольному варіанті становила 6 днів. Застосування мінеральних добрив сприяло подовженню цього періоду на 1–3 дні залежно від дози внесених добрив. Зокрема, у варіантах із внесенням мінеральних добрив у дозах $N_{30}P_{45}K_{45}$ + БЛЕК ДЖЕК тривалість періоду бутонізація–цвітіння становила 9 днів.

За результатами досліджень встановлено, що найдовший вегетаційний період рослин ріжю ярого мав місце за внесення повного мінерального удобрення у два етапи ($N_{30}P_{45}K_{45}$ + БЛЕК ДЖЕК), і складав 80 днів, що на 13 дів довше порівняно з контролем.

Відомо, що основою формування врожайності сільськогосподарських культур є накопичення загальної біомаси як окремою рослиною, так і посівом загалом. Зазвичай, в межах одного сорту за однакових умов вирощування більша біомаса корелює з вищою урожайністю. Тому вивчення закономірностей накопичення біомаси окремими рослинами та агроценозом у цілому є важливим для контролю та управління процесами формування урожаю.

За результатами проведених досліджень встановлено, що маса сухої речовини на площі 1 гектар у період вегетації поступово збільшувалася. У середньому за 2023–2024 роки, незалежно від фаз росту і розвитку ріжю ярого, вміст сухої речовини у варіантах із внесенням мінеральних добрив перевищував показники контролю без удобрення. Зокрема, у фазі розетки вміст сухої речовини у контрольному варіанті становив 0,66 т/га (табл. 1), тоді як приріст у варіантах із мінеральним удобренням коливався від 0,15 до 0,40 т/га.

Таблиця 1

**Динаміка накопичення сухої речовини рослинами ріжю ярого
залежно від удобрення, середнє за 2023–2024 рр., т/га**

Варіант удобрення	Фаза росту і розвитку			
	розетка	бутонізація	цвітіння	дозрівання
Без добрив (контроль)	0,65	1,30	1,87	2,75
$N_{0}P_{45}K_{45}$	0,80	1,59	2,28	3,26
$N_{30}P_{45}K_{45}$	1,24	2,30	3,30	4,63
$N_{30}P_{45}K_{45}$ + БЛЕК ДЖЕК	1,42	2,91	4,17	5,76
$N_{30}P_{45}K_{45}$ + Інтермаг титан	1,36	2,83	4,00	5,61
$\bar{X} \pm S_x$	0,81 $\pm$ 0,08	1,56 $\pm$ 0,15	2,27 $\pm$ 0,18	3,30 $\pm$ 0,265

Максимальне накопичення сухої біомаси ріжю ярого у фазі дозрівання – 5,76 т/га – зафіксовано в результаті застосування мінерального удобрення в дозі $N_{30}P_{45}K_{45}$ у поєднанні з позакореневим підживленням препаратом «Блек Джек».

З'ясовано, що підвищення доз мінерального удобрення супроводжувалося відповідним зростанням урожайності, що спостерігалось стабільно протягом усього періоду досліджень. Крім того, суттєвий вплив на формування врожаю справляли гідротермічні умови конкретного року.

Відповідно до результатів проведених досліджень, найнижчий рівень урожайності насіння ріжю ярого сорту Степовий спостерігався у контрольному варіанті без внесення добрив і становив у середньому за 2023–2024 рр. 0,97 т/га (Рис. 2). Застосування мінерального удобрення у дозі $N_{30}P_{45}K_{45}$ сприяло підвищенню урожайності на 0,45 т/га, що відповідає приросту 39,8 %.

Подальше збільшення доз мінерального удобрення також позитивно позначалося на продуктивності посівів ріжю ярого. Так, у варіанті з внесенням $N_{30}P_{45}K_{45}$ + БЛЕК ДЖЕК урожайність культури досягла 2,03 т/га, що перевищувало контрольний варіант на 1,06 т/га та варіант із дозою $N_{30}P_{45}K_{45}$ – на 0,44 т/га. У п'ятому варіанті досліджу, де застосовували мінеральні добрива у дозі $N_{30}P_{45}K_{45}$ у поєднанні з Інтермаг титан, урожайність підвищилася до 1,96 т/га, що перевищувало контроль на 0,99 т/га, а варіант із виключно мінеральним удобренням ($N_{30}P_{45}K_{45}$) – на 0,66 т/га.

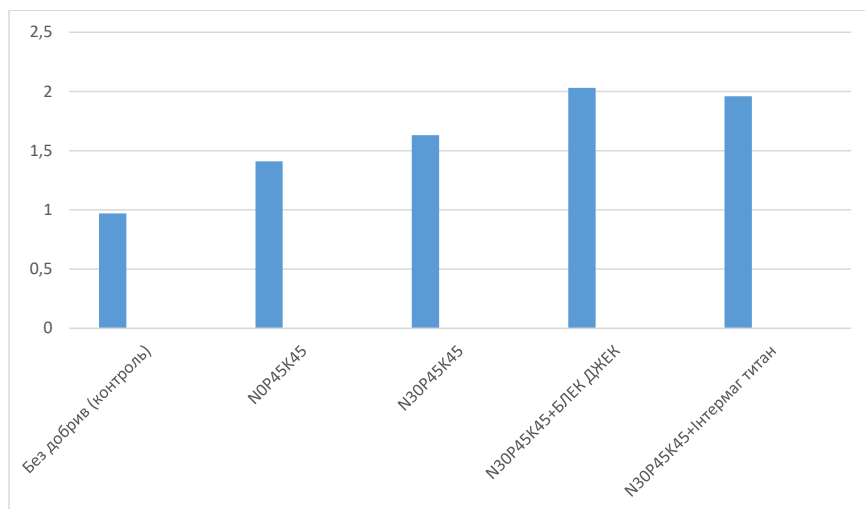


Рис. 2. Урожайність ріжю ярого залежно від рівня мінерального живлення, т/га (2023-2024 рр.)

Висновки. Застосування мінерального удобрення у нормі $N_{30}P_{45}K_{45}$ у поєднанні з позакореневим підживленням препаратом Блек Джек сприяло подовженню вегетаційного періоду ріжю ярого на 11 діб порівняно з варіантом без добрив.

Максимальна врожайність насіння ріжю сорту Степовий в умовах дерново-опідзолених ґрунтів Прикарпаття досягла 2,03 т/га за умови внесення мінерального удобрення $N_{30}P_{45}K_{45}$ та застосування позакореневого підживлення Блек Джеком. Найменшу врожайність – 0,97 т/га – зафіксовано на контрольному варіанті без внесення добрив.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Gupta V. K., Tuohy M. G., Kubicek C. P., Saddler J. Bioenergy Research: Advances and Applications: textbook. Oxford. 2014. p. 500.
2. Hryhoriv Ya., Butenko Ye., Kabanets V., Filon V., Kriuchko L., Bondarieva L., Mikulina M., Yevtushenko Ye., Polyvanyi A., Kovalenko V. Prospectives of Growing Energy Crops for the Production of Different Types of Biofuel. Ecological Engineering and Environmental Technology, 2024, 25(5), pp. 191–197 <https://doi.org/10.12912/27197050/185710>
3. Семенова Є.Ф., Буянкін В.І., Тарасов А.С. Олійний шафран: біологія, технологія, ефективність. Новочеркаськ: Синтез, 2005. 87 с.
4. Zohary D., and Hopf, M. Domestication of plants in the Old World. Oxford University Press, New York. 2000. P 25–39.
5. Jones G., Valamoti, S.M. Lallelantia, an imported or introduced oil plant in Bronze Age northern Greece, Vegetation History and Archaeobotany. 2005. 14 (4): P. 571–577.
6. Megaloudi, Fragkiska. Plants and Diet in Greece from Neolithic to Classic Periods: the archaeobotanical remains, Oxford: Archaeopress, 2006. 145p.
7. Бабич А.О. Світові земельні, продовольчі та кормові культури. Київ: Аграрна наука, 1996. 572 с.
8. Комарова І.Б., Рожкован В.В. Рижій ярий – альтернативна олійна культура та перспективи її використання. *Пропозиція*. 2003. №1. С. 46–47.

9. Hryhoriv Ya.Ya., Butenko S.O., Masyk I.M., Onychko V.I., Onychko T.O., Pshychenko O.I., Komar V.I., Berezniak O.P. Influence of mineral fertilization level on productivity of *Camelina sativa* in the conditions of Prycarpathia, Ukr J Ecol. 2020. 10: 28-32. https://doi.org/10.15421/2020_59
10. Господаренко Г.М., Рассадіна І.Ю. Якість насіння ріжю ярого залежно від удобрення. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2015. Вип. 58. С. 55–60.
11. Hryhoriv Ya.Ya., Butenko A.O., Moisiienko V.V., Panchyshyn V.Z., Stotska S.V., Shubar I.A., Kriuchko L.V., Zakharchenko E.A., Novikova A.V. Photosynthetic activity of *Camelina sativa* plants depending on technological measures of growing under conditions of Precarpathians of Ukraine. *Modern Phytomorphology*, 2021. 15: P. 17–21
12. Рахметов Б.А. Роль нових культур у фітоенергетиці України. *Науковий вісник НАУ*. 2007. №116. С. 16–20.
13. Hrastar R, Petrisic M. G, Ogrinc N, Kosir I. J. 2009. Fatty acid and stable carbon isotope characterization of *Camelina sativa* oil: implications for authentication. *J. Agric. Food Chem.* 57(2): 579–585 CrossRef, Medline, ISI
14. Демидась Г.І., Квітко Г.П., Гетьман Н.Я. Рижій ярий – олійна альтернатива ярому ріпаку для виробництва біодизеля. *Зб. наук. пр. ВНАУ*. Вінниця, 2011. Вип. 8(48). С. 3–8.
15. Лихочвор В.В., Петриченко В.Ф. Ріпак. Львів, 2010. 117 с.
16. Поляков О.І. Агротехнічні та біокліматичні особливості формування продуктивності й якості насіння соняшнику, сої, льону, кунжуту, *Camelina sativa*, молочаю в умовах Південного Степу України : автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук. Дніпропетровськ, 2011. 38 с.
17. Методика проведення експертизи сортів рослин групи олійних культур на відмінність, однорідність і стабільність. Міністерство розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України. Український інститут експертизи сортів рослин. [Чинний від 2020-10-27, №2162-20].169 с.
18. Статистичний аналіз результатів польових дослідів / Ушкаренко В.О., Вожегова Р.А., Голобородько С.П., Коковіхін С.В. Херсон: Айлант, 2013. 378с.

УДК 633.63

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.144.17>

УРОЖАЙНІСТЬ БУРЯКІВ ЦУКРОВИХ ЗАЛЕЖНО ВІД ІНТЕНСИВНОСТІ ГЕРБІЦИДНОГО ЗАХИСТУ

Макух Я.П. – д.с.-г.н., професор,
завідувач відділу здоров'я рослин,
Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-6954-1388

Ременюк С.О. – к.с.-г.н., с.н.с.,
завідувач лабораторії землеробства та гербології,
Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-4407-4293

Різник В.М. – к.с.-г.н., с.д.,
старший науковий співробітник лабораторії землеробства та гербології,
Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-1464-4929

Мошківська С.В. – к.с.-г.н., с.д.,
старший науковий співробітник лабораторії землеробства та гербології,
Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0003-1173-7086

Ременюк Ю.О. – к.с.-г.н., с.н.с.,
старший науковий співробітник відділу обробітку ґрунту
і контролювання сегетальної рослинності,
Навчально-науковий центр Інституту землеробства
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0009-0006-4609-0277

У статті представлено результати багаторічних досліджень щодо оцінки ефективності різних рівнів хімічного контролю бур'янів у посівах цукрових буряків в умовах Правобережного Лісостепу України. Акцент зроблено на порівнянні традиційних методів догляду (ручне прополовання) з багатокомпонентними гербіцидними схемами, що поєднують препарати з різними механізмами дії. Дослідження проведено у 2021–2024 роках на полях Білоцерківської дослідно-селекційної станції ІБКіЦБ НААН. Встановлено, що послідовне застосування ґрунтових та контактних гербіцидів дозволяє значно знизити рівень забур'яненості посівів. Найефективнішою виявилася чотирикратна схема захисту, яка забезпечила зменшення загальної чисельності бур'янів на 83,9% та максимальну ефективність проти лободи білої (90,5%), незбутниці дрібноквіткової (93,9%) і гірчиці польової (93,1%). У результаті застосування гербіцидного захисту маса бур'янів зменшилася з 3286 г/м² у контрольному варіанті до 918 г/м², що позитивно вплинуло на продуктивність культури. Урожайність цукрових буряків зросла до 53,2 т/га при підвищенні цукристості до 16,66% і зниженні вмісту кондуктометричного попелу до 0,97%, що свідчить про покращення якості сировини. Варіант без захисту демонстрував мінімальні показники – урожайність 17,8 т/га і збір цукру 2,51 т/га. Застосування ручного прополовання забезпечило найвищі показники урожайності (55,7 т/га), проте є економічно затратним і трудомістким. Таким чином, багатокомпонентні гербіцидні стратегії є оптимальним рішенням для забезпечення стабільного урожаю та якості коренеплодів. Отримані

дані свідчать про доцільність впровадження інтегрованих схем гербіцидного захисту в систему вирощування цукрових буряків як ефективного елементу адаптивного землеробства, що поєднує високу ефективність з екологічною та агрономічною доцільністю.

Ключові слова: цукрові буряки, гербіциди, забур'яненість, урожайність, інтегрована система захисту.

Makukh Ya.P., Remeniuk S.O., Riznyk V.M., Moshkivska S.V., Remeniuk Yu.O. Yield of sugar beet depending on the intensity of herbicide protection

The article presents the results of multi-year research evaluating the effectiveness of different levels of chemical weed control in sugar beet crops under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. The focus is on comparing traditional care methods (manual weeding) with multi-component herbicide schemes that combine products with different mechanisms of action. The research was conducted during 2021–2024 on the fields of the Bila Tserkva Breeding and Research Station of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet of NAAS. It was established that the sequential application of soil-applied and contact herbicides significantly reduces weed infestation in crops. The most effective was the fourfold protection scheme, which reduced the total weed density by 83.9% and achieved the highest control efficiency against *Chenopodium album* (90.5%), *Galinsoga parviflora* (93.9%), and *Sinapis arvensis* (93.1%). As a result of herbicide application, weed biomass decreased from 3286 g/m² in the untreated control to 918 g/m², which positively influenced crop productivity. The yield of sugar beet increased to 53.2 t/ha, with a sugar content of 16.66% and a reduction in conductivity ash content to 0.97%, indicating improved raw material quality. The untreated control showed the lowest performance – yield of 17.8 t/ha and sugar yield of only 2.51 t/ha. Manual weeding ensured the highest yield (55.7 t/ha), but is labor-intensive and economically costly. Therefore, multi-component herbicide strategies represent an optimal solution for ensuring stable yields and root crop quality. The obtained data confirm the feasibility of introducing integrated herbicide protection schemes into sugar beet production systems as an effective element of adaptive agriculture, combining high efficiency with environmental and agronomic justification.

Key words: sugar beet, herbicides, weed infestation, yield, integrated protection system.

Постановка проблеми. Цукрові буряки є стратегічно важливою культурою для агропромислового комплексу України, оскільки забезпечують сировину для цукрової промисловості, кормову базу для тваринництва та мають експортний потенціал. Вирощування цієї культури вимагає високого рівня технологічної дисципліни, особливо у питаннях боротьби з бур'янами, оскільки бур'яни не лише знижують урожайність коренеплодів, але й суттєво погіршують якість сировини. За даними багатьох дослідників, втрати урожаю буряків у разі неефективного контролю бур'янів можуть сягати 40% і більше.

Незважаючи на існування широкого спектру гербіцидних препаратів, проблема зниження забур'яненості в посівах буряків залишається актуальною. Причинами є як зміна видової структури бур'янів, поява стійких біотипів, так і недостатньо обґрунтоване застосування засобів захисту. У той же час надмірне використання гербіцидів призводить до екологічних ризиків, накопичення залишків у ґрунті, зниження біологічної активності агроценозів, що суперечить принципам сталого землеробства.

Особливої актуальності набуває питання підбору оптимальних за ефективністю та екологічною безпекою схем хімічного контролю бур'янів. Інтегровані підходи, що передбачають багаторазове та комбіноване внесення препаратів із різними механізмами дії, потребують експериментального обґрунтування з урахуванням регіональних особливостей забур'яненості. В умовах Правобережного Лісостепу України такі дослідження обмежені, що ускладнює впровадження раціональних гербіцидних систем у виробничу практику.

Таким чином, актуальність проблеми обумовлена необхідністю удосконалення систем хімічного контролю бур'янів у технології вирощування цукрових буряків шляхом розробки ефективних, екологічно обґрунтованих і адаптованих до регіональних умов гербіцидних схем.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Цукрові буряки (*Beta vulgaris* L.) – важлива технічна культура, яка забезпечує до 20% світового виробництва цукру (Kotlánová та ін., 2024). Успішне вирощування цукрових буряків значною мірою залежить від ефективного контролю бур'янів, оскільки найбільшу шкоду вони завдають на ранніх етапах розвитку культури (Soltani та ін., 2018; Jafarzadeh та ін., 2016). Згідно з результатами досліджень, забур'яненість може зумовити зниження урожайності коренеплодів на 15–41% та зменшення цукристості на 1–2,6% (Hoseyni та ін., 2018; Üstüner, 2018). Повільний стартовий ріст культури та широкорядна сівба створюють сприятливі умови для розвитку агресивних видів бур'янів (Fishkis & Koch, 2023; Bhadra та ін., 2020). Унаслідок конкуренції за світло, воду та елементи живлення бур'яни значно знижують продуктивність цукрових буряків (Gerhards та ін., 2017; Berg та ін., 2025; Kopchuk & Remeniuk, 2022). У традиційних системах захисту основну увагу приділяють ручному прополюванню, яке є трудомістким і економічно витратним (Khan та ін., 2021; Named та ін., 2023; El-Metwally та ін., 2022). Водночас останніми роками зростає увага до екологічно безпечних і інтегрованих технологій контролю бур'янів (Kulan & Kaya, 2023; Slaughter та ін., 2008). Такі підходи поєднують механічні, хімічні та агрономічні заходи, зокрема сівозміну, мульчування та глибокий обробіток ґрунту (Tsyuk та ін., 2021; Riemens та ін., 2022). Особливу перспективність мають багатокomпонентні гербіцидні стратегії, що поєднують ґрунтові й контактні препарати з різними механізмами дії (Jaskulska та ін., 2023; Fishkis та ін., 2024). У розвинених аграрних країнах (Німеччина, Чехія, Франція) активно впроваджуються системи краплинного внесення гербіцидів та роботизовані технології знищення бур'янів (Gerhards та ін., 2024; Fishkis та ін., 2024; dos Santos Ferreira та ін., 2017).

В Україні питання оптимізації хімічного захисту цукрових буряків набуває особливої актуальності в умовах зміни клімату (Tsyuk та ін., 2021).

Метою досліджень є визначення ефективної гербіцидної обробки для підвищення врожайності та якості цукрових буряків в умовах Лісостепу України.

Матеріали і методи дослідження. Дослідження проводили у 2021-2024 рр. на полях Білоцерківської дослідно-селекційної станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, Київська область.

Ґрунт дослідних ділянок чорнозем малогумусний, за механічним складом середньосуглинковий на лесі. Вміст гумусу 2,82–3,21 %. В орному шарі ґрунту вміст азоту легкогідролізованого (за Тюриним) – 13,2 мг на 100 г ґрунту, рухомого фосфору (за Кірсановим) – 14,6–14,9 мг на 100 г ґрунту, вміст обмінного калію (за Чіриковим) – 8,8–9,5 мг на 100 г ґрунту. На дослідному полі кислотність ґрунту (рН) – 6,0–6,5, гідролітична кислотність від 1,4 до 2,8 мг/екв. на 100 г ґрунту.

Рельєф поля рівний з невеликим нахилом на північ, глибина залягання ґрунтових вод 7–8 метрів. Головним джерелом зволоження ґрунту є вода атмосферних опадів.

Схема досліджень:

1. Контроль забур'янений – посіви буряків цукрових вегетують без проведення заходів контролювання бур'янів.

2. Контроль «чистий» – посіви буряків цукрових вегетують без негативного впливу бур'янів (проведення протягом вегетаційного періоду п'яти послідовних ручних прополювань).

3. Перше внесення: Штефам Новий, КС (фенмедифам, 160 г/л, + десмедифам, 160 г/л) + Гол, КС (метамітрон, 700 г/л) 1,0 + 1,0 л/га; друге внесення: Бетанал максПро, 209 ОДМД (фенмедифам, 60 г/л + десмедифам, 47 г/л + етофумезат, 75 г/л + ленацил (активатор), 27 г/л) + Гол, КС (метамітрон, 700 г/л) 1,5 л/га + 1,0 л/га;

третє внесення: Бетанал максПро, 209 ОДМД (фенмедифам, 60 г/л + десмедифам, 47 г/л + етофумезат, 75 г/л + ленацил (активатор), 27 г/л) + Штарга Супер, (хізалофоп-П-етил, 125 г/л) 1,5 л/га + 0,8 л/га. Інтервал між обприскуваннями 7-10 діб, перше обприскування у фазі сім'ядоль рослин культури.

4. Перше внесення: Штефам Новий, КС (фенмедифам, 160 г/л + десмедифам, 160 г/л) + Гол, КС (метамітрон, 700 г/л) 1,0 + 1,0 л/га; друге внесення: Бетанал максПро, 209 ОДМД (фенмедифам, 60 г/л + десмедифам, 47 г/л + етофумезат, 75 г/л + ленацил (активатор), 27 г/л) + Гол, КС (метамітрон, 700 г/л) 1,5 л/га + 1,0 л/га; третє внесення: Бетанал максПро, 209 ОДМД (фенмедифам, 60 г/л + десмедифам, 47 г/л + етофумезат, 75 г/л + ленацил (активатор), 27 г/л) + Гол, КС (метамітрон, 700 г/л) 1,5 л/га + 1,0 л/га; четверте внесення: Бетанал максПро, 209 ОДМД + Штарга Супер, (хізалофоп-П-етил, 125 г/л) 1,5 л/га + 0,8 л/га. Інтервал між обприскуваннями 7-10 діб, перше обприскування у фазі сім'ядоль рослин культури.

Площа посівної ділянки – 36 м², облікової – 25 м². Повторність варіантів – чотириразова, розміщення ділянок – рендомізоване.

Перше обприскування гербіцидами здійснювалося у фазі сім'ядолей рослин цукрових буряків. Подальші внесення проводилися з інтервалом 7-10 діб, залежно від потреби та стадії розвитку бур'янів та культури. Цей підхід був обраний для забезпечення ефективного контролю бур'янів на критичних ранніх стадіях росту цукрових буряків.

Виклад основного матеріалу. За результатами досліджень у посівах цукрових буряків Білоцерківської дослідно-селекційної станції перед обприскуванням гербіцидами видове різноманіття бур'янів представлено здебільшого однорічними дводольними видами. Серед них зустрічалися: лобода біла (*Chenopodium album* L.) – 5,1 шт./м², щириця звичайна (*Amaranthus retroflexus* L.) – 6,3 шт./м², щириця жминдовидна (*Amaranthus blitoides* S.Watson) – 2,4 шт./м², паслін чорний (*Solanum nigrum* L.) – 1,9 шт./м², гірчиця польова (*Sinapis arvensis* L.) – 7,8 шт./м², талабан польовий (*Thlaspi arvense* L.) – 3,5 шт./м², гірчак розлогий (*Polygonum lapathifolium* L.) – 4,7 шт./м², гірчак березковидний (*Polygonum convolvulus* L.) – 5,4 шт./м², незбутниця дрібноквіткова (*Galinsoga parviflora* Cav.) – 6,2 шт./м², просо півняче (*Echinochloa crus-galli* L.) – 21,5 шт./м², мишій сизий (*Setaria glauca* L.) – 11,9 шт./м², елевзіна індійська (*Eleusine indica* L.) – 4,5 шт./м² (табл. 1).

Застосування гербіцидних схем у варіантах 3 та 4 дозволило суттєво знизити чисельність основних бур'янів у посівах цукрових буряків. У варіанті 3, де проводилось три внесення, загальна ефективність по всіх видах бур'янів – 74,3%, гірчиці польової – 86,2%, а загальна ефективність по всіх видах бур'янів – 75,1%. У варіанті 4, де до попередньої схеми було додано четверте обприскування, рівень знищення бур'янів зріс до 83,9%.

Особливо високу ефективність у варіанті 4 відмічено проти лободи білої (90,5%), незбутниці дрібноквіткової (93,9%) та гірчиці польової (93,1%). Натомість гірчак березкоподібний виявився стійкішим до дії препаратів – ефективність знищення в межах 58–62%, що вказує на необхідність додаткового контролю цього виду.

Обприскування посівів цукрових буряків від сегетальної флори сприяло зменшенню накопичення сирої маси бур'янами на третю декаду липня та позитивно вплинуло на урожайність коренеплодів культури (табл. 2).

Таблиця 1

Ефективність дії гербіцидів у посівах цукрових буряків Білоцерківської ДСС

Види бур'янів	Варіанти досліду							
	1		3			4		
	до внесення шт./м ²	після внесення, шт./м ²	до внесення шт./м ²	після внесення, шт./м ²	загинуло, %	до внесення, шт./м ²	після внесення, шт./м ²	загинуло, %
Лобода біла	5,1	6,4	4,6	0,8	82,6	6,3	0,6	90,5
Щириця звичайна	6,3	7,2	7,4	1,9	74,3	6,1	0,9	85,2
Щириця жминдовидна	2,4	3,1	2,9	0,9	69,0	3,3	0,6	81,8
Паслін чорний	1,9	3,7	4,6	0,7	84,8	-	-	-
Гірчиця польова	7,8	8,0	6,5	0,9	86,2	5,8	0,4	93,1
Талабан польовий	3,5	3,8	1,4	0,2	85,7	4,0	0,4	90,0
Гірчак розлогий	4,7	5,1	6,0	1,1	81,7	4,9	0,4	91,8
Гірчак березкоподібний	5,4	5,8	4,3	1,8	58,1	3,7	1,4	62,2
Незбутниця дрібноквітк	6,2	8,1	5,3	0,6	88,7	4,9	0,3	93,9
Просо півняче	21,5	24,6	22,0	5,3	75,9	22,8	3,2	85,9
Мишій сизий	11,9	16,3	15	5,1	66,0	16,2	3,7	77,2
Елевзина індійська	4,5	7,4	5,8	1,4	75,7	6,7	1,2	82,1
Інші види	6,2	6,5	3,2	1,2	62,5	4,5	1,2	73,3
Всього	87,4	106,0	88,0	21,9	75,1	89,0	14,3	83,9

Таблиця 2

Накопичення маси бур'янів і урожайність коренеплодів цукрових буряків у 2021-2024 рр., Білоцерківська ДСС

Варіант досліду	Маса бур'янів, г/м²			Густина стояння, тис. шт./га	Урожайність коренеплодів, т/га	Цукристість коренеплодів, %	Вміст кондуктометричного попелу, %	Збір цукру, %
	всього	у т.ч.						
		дволітні	злаки					
1	3286	2444	842	101,6	17,8	14,11	1,03	2,51
2	75,1	49,3	25,8	98,4	55,7	16,49	0,98	8,98
3	1453	879	574	100,3	46,1	16,45	1,03	7,58
4	918	425	493	99,2	53,2	16,66	0,97	8,86
Нір ₀₅					2,41	0,19	0,08	

У контрольному варіанті без захисту (варіант 1) фіксувалась найвища забур'яненість (3286 г/м²), що призвело до зниження урожайності до 17,8 т/га та збору цукру – лише 2,51 т/га. Застосування ручного прополювання (варіант 2) забезпечило майже повну відсутність бур'янів (75,1 г/м²) і найвищі показники урожайності (55,7 т/га) та збору цукру (8,98 т/га).

Схема гербіцидного захисту у варіанті 3 (три внесення) дозволила зменшити масу бур'янів до 1453 г/м², що забезпечило урожайність 46,1 т/га при цукристості 16,45%. Додавання четвертого внесення у варіанті 4 дозволило знизити масу бур'янів ще більше – до 918 г/м² і отримати урожайність 53,2 т/га із цукристістю 16,66%. Вміст кондуктометричного попелу при цьому зменшився до 0,97%, що вказує на підвищення якості сировини для переробки.

Висновки. Застосування інтегрованих схем гербіцидного захисту суттєво знижує рівень забур'яненості у посівах цукрових буряків. Найбільш ефективною виявилась чотирикомпонентна система обробки (варіант 4), яка забезпечила зниження загальної чисельності бур'янів на 83,9% порівняно з контролем. Найвища ефективність дії гербіцидів спостерігалась проти таких бур'янів, як лобода біла (90,5%), незбутниця дрібноквіткова (93,9%), гірчиця польова (93,1%), що свідчить про доцільність багаторазового комбінованого застосування препаратів із різними механізмами дії. Найбільшу масу бур'янів було зафіксовано у варіанті без контролю (контроль забур'янений – 3286 г/м²), що призвело до суттєвого зниження урожайності до 17,8 т/га. У контрольному «чистому» варіанті (ручні прополювання) урожайність досягала 55,7 т/га. Гербіцидний захист, що передбачає 3–4 внесення (варіанти 3 і 4), забезпечував значне зменшення маси бур'янів (1453 та 918 г/м² відповідно), що сприяло формуванню високого рівня урожайності (46,1 та 53,2 т/га) і підвищенню цукристості коренеплодів (16,45–16,66%). За результатами досліджень встановлено, що використання багатоконпонентних гербіцидних схем із послідовним внесенням контактних та ґрунтових препаратів у фазу сім'ядоль та наступні фази розвитку буряків є ефективним заходом захисту, який можна рекомендувати для впровадження у виробництво в умовах Правобережного Лісостепу України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Potential yield loss in sugar beet due to weed interference in the United States and Canada / N. Soltani et al. *Weed Technology*. 2018. Vol. 32, no. 6. P. 749–753. URL: <https://doi.org/10.1017/wet.2018.88> (date of access: 27.06.2025).
2. ROLE OF NEW HERBICIDES IN DODDER (*CUSCUTA CAMPESTRIS*) CONTROL IN SUGAR BEET (*BETA VULGARIS*) FIELDS / S. M. HOSEYNI et al. *Applied Ecology and Environmental Research*. 2018. Vol. 16, no. 4. P. 5117–5125. URL: https://doi.org/10.15666/aeer/1604_51175125 (date of access: 27.06.2025).
3. ROLE OF NEW HERBICIDES IN DODDER (*CUSCUTA CAMPESTRIS*) CONTROL IN SUGAR BEET (*BETA VULGARIS*) FIELDS / S. M. HOSEYNI et al. *Applied Ecology and Environmental Research*. 2018. Vol. 16, no. 4. P. 5117–5125. URL: https://doi.org/10.15666/aeer/1604_51175125 (date of access: 27.06.2025).
4. ÜSTÜNER T. The effect of field dodder (*Cuscuta campestris* Yunck.) on the leaf and tuber yield of sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *TURKISH JOURNAL OF AGRICULTURE AND FORESTRY*. 2018. Vol. 42, no. 5. P. 348–353. URL: <https://doi.org/10.3906/tar-1711-108> (date of access: 27.06.2025).
5. The Influence of Sugar Beet Cultivation Technologies on the Intensity and Species Biodiversity of Weeds / B. Kotlánová et al. *Agronomy*. 2024. Vol. 14, no. 2. P. 390. URL: <https://doi.org/10.3390/agronomy14020390> (date of access: 27.06.2025).
6. Bhadra T., Paul S. Weed management in sugar beet: A review. *Fundamental and Applied Agriculture*. 2020. P. 1. URL: <https://doi.org/10.5455/faa.83758> (date of access: 27.06.2025).
7. Fishkis O., Koch H.-J. Effect of mechanical weeding on soil erosion and earthworm abundance in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Soil and Tillage Research*. 2023. Vol. 225. P. 105548. URL: <https://doi.org/10.1016/j.still.2022.105548> (date of access: 27.06.2025).

8. Roland G., Kostyantyn B., Hans-Joachim S. Sugar beet yield loss predicted by relative weed cover, weed biomass and weed density. *Plant Protection Science*. 2017. Vol. 53, No. 2. P. 118–125. URL: <https://doi.org/10.17221/57/2016-pps> (date of access: 27.06.2025).
9. Berg J., Ring H., Bernhardt H. Combined Mechanical–Chemical Weed Control Methods in Post-Emergence Strategy Result in High Weed Control Efficacy in Sugar Beet. *Agronomy*. 2025. Vol. 15, no. 4. P. 879. URL: <https://doi.org/10.3390/agronomy15040879> (date of access: 27.06.2025).
10. Remeniuk S. O., Kopchuk K. M. Patterns of weed infestation of crop rotations in the Left Bank Forest Steppe of Ukraine. *Advanced Agritechnologies*. 2022. Vol. 10, no. 3. URL: <https://doi.org/10.47414/na.10.3.2022.270521> (date of access: 27.06.2025).
11. The EFFICACY OF DUAL GOLD (S-METOLACHLOR) ON WEED BIOMASS (g m⁻²) AND ON THE GROWTH AND YIELD COMPONENTS OF SUGAR BEET (BETA VULGARIS L.) CV. CALIFORNIA-KWS / I. Khan et al. *JOURNAL OF WEED SCIENCE RESEARCH*. 2021. Vol. 27, no. 4. P. 495–504. URL: <https://doi.org/10.28941/pjwsr.v27i4.985> (date of access: 27.06.2025).
12. Enhancing Sugar Beet (*Beta vulgaris* L.) Yield and Quality: Evaluating the Efficiency of Chemical and Mechanical Weed Control Strategies / L. M. M. Hamed et al. *Agronomy*. 2023. Vol. 13, no. 12. P. 2951. URL: <https://doi.org/10.3390/agronomy13122951> (date of access: 27.06.2025).
13. El-Metwally I. M., Saady H. S., Elewa T. A. Natural Plant By-Products and Mulching Materials to Suppress Weeds and Improve Sugar Beet (*Beta vulgaris* L.) Yield and Quality. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 2022. URL: <https://doi.org/10.1007/s42729-022-00997-4> (date of access: 27.06.2025).
14. Effect of different single herbicide doses on sugar beet yield, quality and associated weeds / E. M. Abd El Lateef et al. *Bulletin of the National Research Centre*. 2021. Vol. 45, no. 1. URL: <https://doi.org/10.1186/s42269-020-00476-9> (date of access: 27.06.2025).
15. A Patch-Image Based Classification Approach for Detection of Weeds in Sugar Beet Crop / S. I. Moazzam et al. *IEEE Access*. 2021. Vol. 9. P. 121698–121715. URL: <https://doi.org/10.1109/access.2021.3109015> (date of access: 27.06.2025).
16. Kulan E. G., Kaya M. D. Effects of Weed-Control Treatments and Plant Density on Root Yield and Sugar Content of Sugar Beet. *Sugar Tech*. 2023. URL: <https://doi.org/10.1007/s12355-023-01249-0> (date of access: 27.06.2025).
17. Slaughter D. C., Giles D. K., Downey D. Autonomous robotic weed control systems: A review. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2008. Vol. 61, no. 1. P. 63–78. URL: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2007.05.008> (date of access: 27.06.2025).
18. An Integrated Weed Management framework: A pan-European perspective / M. Riemens et al. *European Journal of Agronomy*. 2022. Vol. 133. P. 126443. URL: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2021.126443> (date of access: 27.06.2025).
19. MONITORING OF SUGAR BEET CROPS WEEDINESS DEPENDING ON AGRICULTURE SYSTEMS / O. TSYUK et al. *AgroLife Scientific Journal*. 2021. Vol. 10, no. 1. P. 242–247. URL: <https://doi.org/10.17930/agl2021128> (date of access: 27.06.2025).
20. Effect of Fungicide Protection of Sugar Beet Leaves (*Beta vulgaris* L.): Results of Many Years Experiments / I. Jaskulska et al. *Agronomy*. 2023. Vol. 13, no. 2. P. 346. URL: <https://doi.org/10.3390/agronomy13020346> (date of access: 27.06.2025).
21. Toxicological risk assessment of mechanical-chemical vs. chemical weed control techniques in sugar beet in Germany using SYNOPS-GIS / O. Fishkis et al. *Frontiers in Agronomy*. 2024. Vol. 5. URL: <https://doi.org/10.3389/fagro.2023.1274703> (date of access: 27.06.2025).
22. A comparison of seven innovative robotic weeding systems and reference herbicide strategies in sugar beet (*Beta vulgaris* subsp. *vulgaris* L.) and rapeseed (*Brassica napus* L.) / R. Gerhards et al. *Weed Research*. 2023. URL: <https://doi.org/10.1111/wre.12603> (date of access: 27.06.2025).
23. Weed detection in soybean crops using ConvNets / A. dos Santos Ferreira et al. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2017. Vol. 143. P. 314–324. URL: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.10.027> (date of access: 27.06.2025).

УДК 633.111.1:631.547

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.144.18>

ОСОБЛИВОСТІ РОСТУ І РОЗВИТКУ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД НОРМ ВИСІВУ НАСІННЯ ТА БІОПРЕПАРАТІВ В УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Михайлюк Д.В. – аспірант кафедри технологій у рослинництві
та захисту рослин,
Білоцерківський національний аграрний університет
orcid.org/0009-0000-1027-1670

У статті наведено результати досліджень з особливостей росту і розвитку пшениці озимої залежно від норм висіву та обробки насіння і посівів біопрепаратами. Дослідження проводились впродовж 2022–2025 років в умовах Навчально-виробничого центру Білоцерківського національного аграрного університету (БНАУ) – зона Правобережного Лісостепу України. Ґрунт – чорнозем звичайний. Дослід трьохфакторний: фактор А – сорт, фактор В – норма висіву, фактор С – застосування біопрепаратів (передпосівна обробка насіння, посівів). Дослід закладався за методом систематичних повторювань: у кожному повторенні варіанти дослідів розміщувалися по ділянках послідовно. Повторюваність дослідів – чотириразова. Передпосівну обробку насіння здійснювали методом вологої інюкуляції.

Встановлено, що тривалість періоду сівба – сходи пшениці озимої сорту Лісова пісня та Зоря ланів в досліді залежала від норм, передпосівного оброблення насіння Мікофрендом і регулятором росту рослин Агростимулін та погодних умов в осінній період вегетації.

Загалом у досліді у 2022 році тривалість періоду становила від 6 до 9 діб, у 2023 цей період на 1–3 доби був більшим, та у 2024 році тривалість періоду сівба–сходи склав від 7 до 10 діб.

Варто зазначити що у варіантах із збільшенням норм висіву насіння за застосування біопрепаратів сходи на поверхню ґрунту з'являлися швидше на 1–2 доби.

Досліджено, що використання мікоризотворюючого препарату Мікофренд ураженість рослин борошнистою росою в середньому у досліді знизилася до 0,8–1,6 % у 2022 році, до 1,2–2,3 % у 2023 та до 1,3–2,0 % у 2024 році. Ураженість септоріозом також знижувалася до 0,4–1,0 % у 2022 році, до 0,8–1,2 % у 2023 році та до 0,5–1,0 % у 2024 році.

Застосування в досліді стимулятора росту рослин Агростимулін, а саме обробка насіння, її обробка насіння та посівів також забезпечувала у посівах пшениці озимої зменшення відсотка ураження рослин пшениці.

Ключові слова: пшениця озима, сорт, норма висіву насіння, біопрепарати, фенологічні спостереження, хвороби.

Mykhailiuk D.V. Peculiarities of growth and development of winter wheat depending on the norms of sowing seeds and biological products in the conditions of the Right-bank Forest-Steppe of Ukraine

The article presents the results of research on the characteristics of winter wheat growth and development depending on the sowing rates and treatment of seeds and crops with biological products. The research was conducted during 2022–2025 in the conditions of the Educational and Production Center of the Bila Tserkva National Agrarian University (BNAU) – the Right-Bank Forest-Steppe zone of Ukraine. The soil is ordinary black soil. The experiment is three-factorial: factor A – variety, factor B – sowing rate, factor C – application of biological products (pre-sowing treatment of seeds and crops). The experiment was set up using the method of systematic repetitions: in each repetition, the experiment variants were placed in the plots sequentially. The repeatability of the experiments was fourfold. Pre-sowing treatment of seeds was carried out by the method of wet inoculation.

It was found that the duration of the sowing-seedling period of winter wheat varieties Lisova Pisnya and Zorya Laniv in the experiments depended on the rates, pre-sowing treatment of seeds with Mycofriend and the plant growth regulator Agrostimulin, and weather conditions during the autumn growing season.

In general, in the experiment in 2022, the duration of the period was from 6 to 9 days, in 2023 this period was 1–3 days longer, and in 2024 the duration of the sowing-seedling period was from 7 to 10 days.

It is worth noting that in the variants with an increase in seed sowing rates with the use of biological products, seedlings appeared on the soil surface faster by 1–2 days.

It was studied that the use of the mycorrhizal preparation Mycofriend reduced the incidence of powdery mildew on average in the experiment to 0.8–1.6% in 2022, to 1.2–2.3% in 2023 and to 1.3–2.0% in 2024. The incidence of septoria also decreased to 0.4–1.0% in 2022, to 0.8–1.2% in 2023 and to 0.5–1.0% in 2024.

The use of the plant growth stimulator Agrostimulin in the experiment, namely seed treatment, and seed and crop treatment, also provided a reduction in the percentage of wheat plant damage in winter wheat crops.

Key words: winter wheat, variety, seed sowing rate, biological products, phenological observations, diseases.

Постановка проблеми. Пшениця озима одна з найважливіших зернових культур. Її особливість полягає в тому, що вона висівається восени, проходить період вегетації взимку (потребує дії низьких температур для нормального розвитку), а врожай збирається наступного літа. Тобто характеризується високою стійкістю до негативного впливу низьких температур. Насіння проростає за температури 1–2°C у верхньому шарі ґрунту. Оптимальна температура для проростання насіння знаходиться в межах від 12 до 20°C. За наявності вологості в ґрунті, сході з'являються на 5–6 день за цих температур. Висока температура (більше 25°C) спричиняє масові захворювання інфікованих хворобами сходів та висіяного насіння. Найсприятливіший період для сівби припадає у період, коли середньодобова температура повітря складає 14–17°C. Впродовж зими рослини добре загартовані, морозостійкі сорти здатні витримувати зниження температури до мінус 19–20°C на рівні вузла кушення [1, 2].

Пшениця озима є культурою, яка потребує вдосталь вологи для гарного росту і розвитку. Для проростання свого насіння їй необхідно приблизно 55–60% води від власної маси. За недостатнього зволоження ґрунту, рослини не розвиваються належним чином і їх продуктивність значно знижується. Надзвичайно негативно впливає на врожай пшениці озимої відсутність достатньої вологи під час періоду виходу в початкову фазу росту колосків, а також упродовж формування зерна, адже саме тоді максимальна потреба рослин у воді [3].

Тривалість фаз росту і розвитку, та періоду вегетації залежить від ґрунтово-кліматичних умов, за саме суми температур та вологозабезпеченості ґрунту, біологічних особливостей сорту та елементів технологій вирощування, на основі яких можна впливати на тривалість вегетації [4].

Тому, враховуючи цінність та універсальність використання пшениці озимої актуальним є удосконалення та поєднання елементів технології вирощування, а саме використання біопрепаратів на насінні та посівах за різних норм висіву. Однією з основних умов за вирощування пшениці озимої є отримання швидких сходів насіння та зниження ураження рослин хворобами за несприятливих чинників в осінньо-зимовий період з метою підвищення продуктивності високої якості.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За даними авторів норма висіву насіння пшениці озимої дуже залежить від біологічних особливостей сорту. Високорослі та висококущисті сорти схильні до вилягання, високий врожай зерна забезпечують за менших норм висіву, а напівкарликові сорти – навпаки за збільшення норми висіву на 0,5–1,0 млн схожих насінин на 1 га. Сівба короткостеблових сортів з нормою висіву більше 6,0 млн схожих насінин на 1 га призводять до зниження урожайності через погіршення освітленості в посівах, більшу захворюваність рослин, збільшення витрат води і поживних речовин [5–7].

За визначення оптимальної норми висіву потрібно звертати увагу на те, що доцільніше створювати менші щільні посіви, які краще регулювати удобренням, ретардантами, мікоризними препаратами тощо. Високі норми висіву насіння призводять до більших витрат, вилягання та поширення хвороб [8].

Досліджено, що із збільшенням норм висіву важливість крупного насіння в підвищенні врожаю пшениці озимої зменшується, а за 6,0 і 7,0 млн повністю згладжується. За сівби мілким насінням (30 г маса 1000 зерен) оптимальна норма складає 6,0 млн, середнім (41,5 г) – 5,0 і крупним (48,4) – 4 млн/га насіння. Тому крупне насіння, порівняно з дрібним, необхідно сіяти рідше, а дрібне густіше, ніж крупне [9].

Використання стимуляторів росту рослин у вирощуванні сільськогосподарських культур є актуальним напрямком досліджень в сучасних умовах, такі препарати підвищують біологічну продуктивність рослин та кращу адаптацію до умов вирощування [10]. Стимулятори росту впливають на внутрішній перебіг та інтенсивність дії, що є непоправним за рахунок агротехнічних прийомів вирощування [11].

Вчені підкреслюють фенологічну фазу становлення проростка, який здійснює появу сходів на поверхні ґрунту, або ріст стеблової частини. Під час проростання насінини зародок вживає запасні поживні речовини насінини і як наслідок перетворюється на проросток, що живиться самостійно [12, 13].

На сьогодні в Україні та в світі розроблено значну кількість біопрепаратів основою яких є різні штами грибів та бактерій, що відзначаються вмістом корисних властивостей для покращення ґрунтової родючості і продуктивності рослин, підвищення врожаю хорошої якості, відповідно зниження норм внесення мінеральних добрив і пестицидів. Біопрепарати регулюють нормальне функціонування ґрунтової й ризосферної мікрофлори, покращують режим живлення рослин, забезпечують захист рослин від хвороб і шкідників [14].

Постановка завдання. Метою досліджень було вивчення впливу мікоризуючого препарату та стимулятора росту рослин за різних норм висіву насіння пшениці озимої, на тривалість періоду сівба–сходи та ступінь ураженості рослин хворобами в умовах Правобережного Лісостепу України.

Дослідження проводились впродовж 2022–2025 років в умовах Навчально-виробничого центру Білоцерківського національного аграрного університету (БНАУ).

Схема досліджу передбачала вивчення сортів Лісова пісня та Зоряланів (фактор А), норми висіву насіння 4,5, 5,0, 5,5 та 6,0 млн нас./га (фактор В), застосування мікоризуючого препарату Мікофренд (обробка насіння) і стимулятора росту Агросимулін (обробка насіння і посівів) (фактор С).

Площа посівної ділянки – 100 м², облікової – 90 м². Дослід закладався за методом систематичних повторювань: у кожному повторенні варіанти досліджу розміщувалися по ділянках послідовно. Повторюваність дослідів – чотириразова. Передпосівну обробку насіння здійснювали методом вологої інокуляції. Після обробки насіння підсушували до повної сипучості. В дослідженнях використовували загальноприйняті методи й методики в галузі агрономічних досліджень, а також комп’ютерні програми для оброблення й узагальнення результатів досліджень.

Агрофізичні та агрохімічні властивості орного шару ґрунту (0–30 см) характеризуються такими показниками: гумусу – 3,5–4,2 %, загального азоту – 0,31 %; гідролітична кислотність – 1,80 мг-екв.; легкогідролізованого азоту (N) – 90–120 мг, P₂O₅ – 130–160 мг, K₂O – 120–130 мг/кг ґрунту. Ступінь насиченості основами – 90 %.

Погодні умови в роки досліджень можна проаналізувати за гідротермічним коефіцієнтом Селянінова (ГТК), який у середньому за період вегетації (квітень–жовтень) 2022 року склав 0,96, що характеризує умови вегетації як недостатньо вологі, 2023 та 2024 року він становив 0,88 та 0,79 – умови слабкої та середньої посухи. В цілому погодно-кліматичні умови були типовими для зони Правобережного Лісостепу України і сприятливими для вирощування пшениці озимої, не дивлячись на відхилення від середніх багаторічних показників.

Виклад основного матеріалу. Тривалість осіннього періоду вегетації обумовлена багатьма факторами, в тому числі і довжиною періоду сівба–сходи. Тривалість періоду сівба – сходи не залежала від сорту, а значною мірою визначалась погодними умовами.

В роки проведення досліджень метеоумови в період осінньої вегетації різнились і 2023 рік був дещо не сприятливим для сівби пшениці озимої. Відмічалась посуха, низька кількість запасів продуктивної вологи, після сівби сума ефективних температур та кількість опадів варіювала (рис. 1).

Сума ефективних температур ($> 5^{\circ}\text{C}$) впродовж осінньої вегетації змінювались від 281,7 у 2022 р. до 349,5 $^{\circ}\text{C}$ у 2023 році. Спостерігається довга і тепла осінь, що впливає і на формування вегетативної маси рослин пшениці озимої.

У 2024 році гідротермічні умови впливали на ріст і розвиток рослин пшениці озимої, зокрема сума ефективних температур ($> 5^{\circ}\text{C}$) впродовж осінньої вегетації склала 344,9 $^{\circ}\text{C}$. Відмічено помірно теплу і довгу осінь, що також вплинуло на ріст і розвиток рослин.



Рис. 1. Метеорологічні умови періоду осінньої вегетації пшениці озимої

Результати досліджень щодо тривалості періоду сівба – сходи пшениці озимої сорту Лісова пісня та Зоря ланів в дослідях залежала від норм, передпосівного оброблення насіння Мікофрендом і регулятором росту рослин Агростимулін та погодних умов в осінній період вегетації (табл. 1).

Загалом у досліді у 2022 році тривалість періоду становила від 6 до 9 діб, у 2023 цей період на 1–3 доби був більшим, та у 2024 році тривалість періоду сівба–сходи склав від 7 до 10 діб.

Варто зазначити що у варіантах із збільшенням норм висіву насіння за застосування біопрепаратів сходи на поверхню ґрунту з'являлися швидше на 1–2 доби.

Таблиця 1

**Тривалість періоду сівба–сходи (ВВСН 00– ВВСН 09) пшениці озимої
залежно від досліджуваних факторів, діб**

Сорт	Норма висіву насіння, млн нас./га	Обробка насіння та посівів	Рік		
			2022	2023	2024
Лісова пісня (стандарт) / Зоря ланів	4,5	Контроль	9/9*	10/11	9/10
		Мікофренд (насіння)	8/8	9/9	8/8
		Агростимулін (насіння)	7/7	8/8	7/7
		Агростимулін (насіння+у фазу кушіння–вихід у трубку)	–	–	–
	5,0	Контроль	9/9	10/10	9/9
		Мікофренд (насіння)	8/8	9/9	8/9
		Агростимулін (насіння)	7/7	8/8	8/8
		Агростимулін (насіння+у фазу кушіння–вихід у трубку)	–	–	–
	5,5	Контроль	8/8	9/9	9/9
		Мікофренд (насіння)	7/7	8/8	7/7
		Агростимулін (насіння)	6/6	8/8	7/7
		Агростимулін (насіння+у фазу кушіння–вихід у трубку)	6/6	8/8	7/7
	6,0	Контроль	8/8	9/9	9/9
		Мікофренд (насіння)	7/7	8/7	8/8
		Агростимулін (насіння)	7/7	8/8	8/8
		Агростимулін (насіння+у фазу кушіння–вихід у трубку)	–	–	–
НІР _{0,05}			1,0	0,7	0,9

*сорт Лісова пісня/Зоря ланів

В осінній період рослини мають інтенсивний ріст і починають формувати вегетативні та генеративні органи і вони вразливі до збудників різних хвороб: борошнистої роси, іржі, септоріозу тощо. Ураженість рослин будь якою хворобою може суттєво впливати на врожайність та якість пшениці. Особливим питанням є встановлення ступеню ураження рослин пшениці м'якої озимої в осінній період хворобами.

Результати отриманих даних свідчать, що досліджувані препарати проявляють захисний ефект і сприяють зменшенню інтенсивного поширення на рослинах. Варто зазначити, що прояв хвороб залежав і від умов періоду вегетації, надлишок або нестача кількості опадів та ефективних температур призводила до збільшення ураження рослин пшениці озимої.

У варіанті контроль ступінь ураженості рослин борошнистою росою в осінній період була найвищою і у 2022 році знаходилась в межах від 3,5 до 4,1 % у сорту Лісова пісня, від 3,2 до 4,0 % у сорту Зоря ланів. У 2023 році знаходилась в межах від 3,8 до 4,2 % у сорту Лісова пісня, від 3,8 до 4,5 % у сорту Зоря ланів (табл. 2). У 2024 році, відповідно, від 3,2 до 4,3 % та від 3,0 до 4,0 %.

Ураженість септоріозом в осінній період у варіанті контроль в середньому по досліді становила від 1,4 до 1,8 % у 2022 році, від 1,5 до 2,0 % у 2023 році, від 1,4 до 1,9 % у 2024 році залежно від умов року, сортових особливостей та норм висіву.

За використання препарату Мікофренд ураженість рослин борошнистою росою в середньому у досліді знизилась до 0,8–1,6 % у 2022 році, до 1,2–2,3 % у 2023 та до 1,3–2,0 % у 2024 році. Ураженість септоріозом також знижувалась до 0,4–1,0 % у 2022 році, до 0,8–1,2 % у 2023 році та до 0,5–1,0 % у 2024 році.

Застосування в досліді стимулятора росту рослин Агростимулін, а саме обробка насіння, й обробка насіння та посівів також забезпечувала у посівах пшениці озимої зменшення відсотка ураження рослин пшениці.

Таблиця 2

Ураженість рослин пшениці озимої борошнистою росою та септоріозом, %,

Сорт	Норма висіву насіння, млн нас./га	Обробка насіння та посівів	Рік					
			2022		2023		2024	
			борош-нистою росою	септоріо-зом	борош-нистою росою	септоріо-зом	борош-нистою росою	септоріо-зом
Лісова пісня (стандарт) / Зоря ланів	4,5	Контроль	<u>3,5</u> [*] 3,2	<u>1,4</u> 1,3	<u>3,9</u> 3,8	<u>1,6</u> 1,5	<u>3,2</u> 3,0	<u>1,5</u> 1,4
		Мікофренд (насіння)	<u>1,3</u> 1,4	<u>0,5</u> 0,4	<u>1,9</u> 1,5	<u>0,8</u> 0,9	<u>1,6</u> 1,5	<u>0,6</u> 0,5
		Агростимулін (насіння)	<u>2,6</u> 2,4	<u>0,9</u> 0,6	<u>2,9</u> 2,7	<u>1,2</u> 1,4	<u>2,7</u> 2,5	<u>1,0</u> 0,6
		Агростимулін (насіння+посіви)	<u>2,5</u> 2,2	<u>0,7</u> 0,5	<u>2,6</u> 2,5	<u>1,1</u> 0,9	<u>2,4</u> 2,1	<u>0,9</u> 0,7
	5,0	Контроль	<u>3,7</u> 3,4	<u>1,5</u> 1,6	<u>3,8</u> 3,9	<u>1,8</u> 1,9	<u>3,6</u> 3,4	<u>1,6</u> 1,4
		Мікофренд (насіння)	<u>1,2</u> 0,8	<u>0,9</u> 0,7	<u>1,8</u> 1,3	<u>1,2</u> 1,0	<u>1,4</u> 0,8	<u>1,0</u> 0,8
		Агростимулін (насіння)	<u>2,4</u> 2,2	<u>1,0</u> 1,1	<u>2,6</u> 2,0	<u>1,1</u> 1,2	<u>2,3</u> 2,2	<u>1,0</u> 1,2
		Агростимулін (насіння+ посіви)	<u>2,2</u> 2,1	<u>1,2</u> 0,8	<u>2,4</u> 2,3	<u>1,3</u> 1,1	<u>2,1</u> 1,9	<u>1,2</u> 0,9
	5,5	Контроль	<u>3,9</u> 3,5	<u>1,6</u> 1,6	<u>4,1</u> 4,0	<u>1,8</u> 1,7	<u>3,9</u> 3,6	<u>1,7</u> 1,5
		Мікофренд (насіння)	<u>1,3</u> 1,0	<u>1,0</u> 0,8	<u>1,7</u> 1,2	<u>1,2</u> 1,0	<u>1,4</u> 1,3	<u>1,1</u> 0,9
		Агростимулін (насіння)	<u>2,6</u> 2,5	<u>1,2</u> 1,3	<u>2,7</u> 2,7	<u>1,5</u> 1,6	<u>2,7</u> 2,6	<u>1,3</u> 1,5
		Агростимулін (насіння+ посіви)	<u>2,3</u> 2,1	<u>1,2</u> 1,4	<u>2,4</u> 2,4	<u>1,4</u> 1,5	<u>2,4</u> 2,3	<u>1,2</u> 1,3
	6,0	Контроль	<u>4,1</u> 4,0	<u>1,8</u> 1,7	<u>4,2</u> 4,5	<u>2,0</u> 1,9	<u>4,3</u> 4,0	<u>1,9</u> 1,8
		Мікофренд (насіння)	<u>1,5</u> 1,6	<u>0,9</u> 0,8	<u>2,0</u> 2,1	<u>1,0</u> 0,9	<u>1,8</u> 1,7	<u>0,7</u> 0,9
		Агростимулін (насіння)	<u>2,9</u> 2,7	<u>1,3</u> 1,5	<u>3,1</u> 2,9	<u>1,3</u> 1,2	<u>3,0</u> 2,8	<u>1,4</u> 1,5
		Агростимулін (насіння+ посіви)	<u>2,6</u> 2,7	<u>1,3</u> 1,0	<u>2,9</u> 2,8	<u>1,2</u> 1,3	<u>2,7</u> 2,8	<u>1,3</u> 1,1
	НІР _{0,05}		0,78	0,23	0,80	0,41	0,86	0,34

*чисельник – сорт Лісова пісня, знаменник сорт Зоря ланів

Щодо норми висіву, то загущення посівів до 6,0 млн нас./га сприяло поширенню ступеню ураження рослин пшениці озимої як борошнистою росою, так і септоріозом.

Висновки. За результатами досліджень встановлено позитивний вплив захисно-стимулюючих препаратів Мікофренд і Агросимулін на тривалість періоду сівба–сходи. У варіантах із збільшенням норм висіву насіння та за використання біопрепаратів сходи на поверхню ґрунту з’являлися швидше на 1–2 доби.

За використання мікоризоутворюючого препарату Мікофренд ураженість рослин борошнистою росою в середньому у досліді знизилась до 0,8–1,6 % у 2022 році, до 1,2–2,3 % у 2023 та до 1,3–2,0 % у 2024 році. Ураженість септоріозом також знижувалась до 0,4–1,0 % у 2022 році, до 0,8–1,2 % у 2023 році та до 0,5–1,0 % у 2024 році.

В подальших дослідженнях варто дослідити ефективність впливу норм висіву у поєднанні з біопрепаратами на біометричні показники росту і прозвітку культури, та формування урожайності і якості зерна пшениці озимої.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Лихочвор В.В. Застосування регуляторів росту рослин на посівах зернових культур. *Пропозиція*. 2003. №4. С. 56–57.
2. Рудник-Іващенко О. І. Особливості вирощування озимих культур за умов змін клімату. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2012. №2. С. 8–10.
3. Бурденюк-Тарасевич А. Л., Хахула С. В. Оцінка адаптивної здатності сортів пшениці м’якої озимої в умовах Лісостепу України. *Селекція і насінництво*. 2012. №101. С. 3–12.
4. Кононюк Л.М., Натальчук Т.А. Особливості сортової реакції пшениці озимої на технологічні прийоми вирощування в північному лісостепу. *Збірник наукових праць, ННЦ «Інститут землеробства НААН»* 2011 р. с. 55–62.
5. Рожков А. О., Труш О. К. Польова схожість насіння та збереженість рослин квасолі залежно від норм висіву насіння. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2018. № 4. С. 30–36. DOI 10.31210/visnyk 2018.04.04.
6. Zapisotska, M., Voloshchuk, O., Voloshchuk, I., & Hlyva, V. (2021). Weather factors and their influence on the adaptive properties of winter wheat varieties in the Western Forest-Steppe of Ukraine. *Scientific Horizons*, 24(6), 34–40. DOI: 10.48077/scihor.24(6).2021.34-40
7. Демидов О. А. Технологія вирощування насіння пшениці озимої: *методичні рекомендації*. Центральне: Миронівський інститут пшениці ім. В. М. Ремесла, 2023. 36 с.
8. Гречишкіна Т. А. Наукове обґрунтування напрямів оптимізації елементів технології вирощування пшениці озимої в умовах півдня України. *Таврійський науковий вісник*. 2017. №97. С. 30–35.
9. Нетіс І.Т. Пшениця озима на півдні України. Монографія. Херсон: Олдіплюс, 2011. 460 с.
10. 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.
11. 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.
12. Chitnis V. R., Gao F., Yao Z. et al. After ripening induced transcriptional changes of hormonal genes in wheat seeds: the cases of brassinosteroids, ethylene, cytokinin and salicylic acid. *PLoS One*. 2014. Vol. 9, Iss. 1. Article ID e87543. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0087543>
13. 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>
14. Грабовська Т.О., Мельник Г.Г. Вплив біопрепаратів на продуктивність пшениці озимої за органічного виробництва. *Агробіологія*. 2017. № 1. С. 80–85.

УДК 631.95:631.147:631.15

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.144.19>

АГРОНОМІЯ ЯК НАУКА ТА ПРАКТИКА: СУЧАСНІ ПІДХОДИ

Нестеренко С.А. – магістр,

консалтинг

orcid.org/0009-0000-9545-8580

Приходько В.О. – к.с.-г.н.,

доцент кафедри рослинництва,

Уманський національний університет

orcid.org/0000-0002-6076-3208

Сучасна агрономія стрімко змінюється під впливом кліматичних чинників, технологічного прогресу та вимог сталого розвитку, що зумовлює потребу в переосмисленні її науково-практичної парадигми. Актуальність теми дослідження полягає в необхідності інтеграції екологічно обґрунтованих, інноваційних та міждисциплінарних підходів у розвиток аграрної галузі. У статті розкрито сучасні тенденції трансформації агрономії як науки та практики з урахуванням стратегічних викликів, пов'язаних із деградацією ґрунтів, нестабільністю клімату, цифровізацією сільського господарства та євроінтеграційними процесами. Метою дослідження є аналіз сучасних підходів до розвитку агрономії, визначення основних викликів галузі та формулювання рекомендацій щодо побудови ефективної науково-прикладної моделі її функціонування. Методологічну основу становлять загальнонаукові та спеціальні методи: аналіз і синтез наукових джерел, порівняльний аналіз статистичних даних, структурно-логічне узагальнення. У межах дослідження систематизовано основні напрями інноваційного оновлення агрономії, зокрема впровадження екологічно безпечних агротехнологій, розвиток точного землеробства, цифрових рішень та освітньо-наукового потенціалу. Результати демонструють необхідність міжгалузевої взаємодії в аграрному секторі, а також доводять, що ефективне функціонування агрономії потребує не лише технологічного переоснащення, а й модернізації агрополітики та освітньої системи. Обґрунтовано рекомендації щодо формування інтегративної моделі розвитку галузі, яка поєднує сталий підхід, цифровізацію, підтримку інновацій та розвиток людського капіталу. Практична цінність дослідження полягає у визначенні комплексної стратегії трансформації агрономії, релевантної як для національної, так і для міжнародної аграрної політики. У перспективі запропонований підхід може бути використаний для удосконалення управлінських рішень у сфері аграрного виробництва, планування інноваційних програм та науково-освітніх ініціатив.

Ключові слова: агрономія, інноваційні агротехнології, цифрове землеробство, аграрна політика, екологічна трансформація, розвиток агросектору.

Nesterenko S.A., Prykhodko V.O. Agronomy as a science and practice: modern approaches

Modern agronomy is rapidly changing under the influence of climatic factors, technological progress, and sustainable development requirements, which necessitates a rethinking of its scientific and practical paradigm. The relevance of the research topic lies in the need to integrate environmentally sound, innovative, and interdisciplinary approaches into the development of the agricultural sector. The article reveals the current trends in the transformation of agronomy as a science and practice, taking into account the strategic challenges associated with soil degradation, climate instability, the digitization of agriculture, and European integration processes. The purpose of the study is to analyze modern approaches to the development of agronomy, identify the main challenges facing the industry, and formulate recommendations for building an effective scientific and applied model of its functioning. The methodological basis consists of general scientific and special methods: analysis and synthesis of scientific sources, comparative analysis of statistical data, and structural-logical generalization. The study systematizes the main directions of innovative renewal in agronomy, in particular the introduction of environmentally friendly agricultural technologies, the development of precision farming, digital solutions, and educational and scientific potential. The results demonstrate the need for inter-sectoral interaction in the agricultural sector and prove that the effective functioning of agronomy requires not only technological re-equipment, but also

the modernization of agricultural policy and the educational system. Recommendations are made for the formation of an integrative model of industry development that combines a sustainable approach, digitalization, support for innovation, and human capital development. The practical value of the study lies in defining a comprehensive strategy for the transformation of agronomy that is relevant to both national and international agricultural policy. In the future, the proposed approach can be used to improve management decisions in the field of agricultural production, planning of innovation programs, and scientific and educational initiatives.

Key words: *agronomy, innovative agricultural technologies, digital agriculture, agricultural policy, ecological transformation, development of the agricultural sector.*

Постановка проблеми. У сучасних умовах глобальних кліматичних змін, деградації ґрунтів, зростання потреб у продовольстві та актуалізації екологічної безпеки агрономія постає не лише як прикладна галузь, а і як фундаментальна наука, що потребує постійного оновлення теоретичних засад і практичних методів. Традиційні підходи, сформовані в попередні десятиліття, часто виявляються недостатньо ефективними в контексті стрімкого технологічного прогресу, економічної турбулентності та зміни суспільних очікувань щодо сталого землекористування.

Сучасна агрономія стикається з низкою викликів, до яких належать використання природних ресурсів, зниження антропогенного навантаження на довкілля, адаптація до кліматичних змін, гарантування продовольчої безпеки та підвищення економічної ефективності агровиробництва. Особливої ваги набуває екологізація аграрної діяльності з орієнтацією на принципи сталого розвитку та збалансованого землекористування [1, с. 4–5]. Актуальність наукового переосмислення агрономії посилюється також потребою розвитку інноваційного потенціалу фахівців у галузі. Формування інноваційної компетентності майбутніх агрономів є стратегічним завданням вищої аграрної освіти [2, с. 89–90].

З практичного погляду, аграрний сектор України має значні резерви для підвищення ефективності, реалізація яких передбачає використання цифрових рішень, точного землеробства, автоматизації процесів і застосування робототехніки. Особливо важливим є впровадження інтелектуальних систем управління агровиробництвом, а також активне застосування дистанційного зондування як основного інструменту прецизійного землеробства, що суттєво трансформує підходи до внесення добрив, обробки ґрунтів та моніторингу агроєкосистем. Актуальність теми зумовлюється також необхідністю оновлення стратегій розвитку аграрного сектору в умовах воєнного стану, що вимагає системного перегляду засобів забезпечення продовольчої безпеки та зміцнення аграрної економіки [3].

Отже, агрономія сьогодні постає як міждисциплінарна платформа, що поєднує природничі науки, цифрові рішення, екологічні підходи, економічний аналіз і освітні інновації. Це вимагає критичного осмислення й узагальнення актуальних підходів, які формують нову парадигму розвитку галузі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасна наукова література з агрономії охоплює широкий спектр проблем – від екологічних викликів і цифровізації до кадрових компетенцій та міжнародної інтеграції. Одним із базових напрямів сучасної агрономічної науки є екологізація землеробства. У цьому контексті Т. Аралова, В. Резніченко та Є. Кривохижа досліджують екологічні виклики, пов'язані з деградацією ґрунтів і надмірною інтенсифікацією агровиробництва, пропонуючи інтеграцію принципів сталого розвитку як основу аграрної політики [1]. Схожих поглядів дотримуються С. Лутковська та А. Красносельська, які акцентують на необхідності інноваційної екологічної трансформації в умовах воєнного стану [4].

Низка праць демонструє трансформацію агрономії в напрямі інтелектуалізації. Так, М. Осіпова, А. Рудь та Ю. Ляшко розкривають можливості використання робототехніки й штучного інтелекту (далі – ШІ) для автоматизації виробничих процесів, особливо в точному землеробстві [5]. На основі бібліометричного

аналізу П. Бхагат (P. Bhagat), Ф. Наз (F. Naz) та Р. Магда (R. Magda) роблять висновки про інтенсивне зростання наукової уваги до впровадження штучного інтелекту в агросекторі [6]. У цьому контексті А. Раджпут зі співавторами (A. Rajput et al.) узагальнюють глобальні практики сталого землеробства, хоча їх висновки здебільшого мають загальний характер і потребують регіоналізації [7].

У межах концепції «Agriculture 5.0» А. Хольцінгер із колегами (A. Holzinger et al.) пропонують модель взаємодії людини та ШІ в сільському господарстві [8], яка потребує адаптації до реалій пострадянського простору. Ефективність застосування даних дистанційного зондування в точному внесенні добрив аналізують Д. Радочай (D. Radočaj), М. Юришич (M. Jurišić) та М. Гащпарович (M. Gašparović) [9]. На важливості адаптації технологій оптимізації рослинництва до ґрунтово-кліматичних умов України акцентують В. Тимчук, Н. Скнипа та Н. Тимчук [10].

Потенціал аграрного сектору досліджують І. Томашук і Р. Горобчук, наголошуючи на потребі зростання продуктивності та ефективності ресурсного забезпечення [11]. Стратегічні напрями експортної політики аграрної галузі як фактор забезпечення продовольчої безпеки пропонують С. Надвиничний і З. Пушкар [12]. Ці наукові розвідки формують підґрунтя для подальших досліджень на стику агрономії та економіки. На потребу інноваційного переосмислення управління підприємствами АПК з урахуванням ризиків і ринкової нестабільності звертає увагу І. Людвік [13]. Важливість територіального планування в аграрному секторі як засобу реалізації екосистемного підходу до управління агроландшафтами підкреслюють Н. Прокопенко, Т. Дець і Т. Рожі [14].

Серед робіт економічного напрямку варто виокремити публікацію С. Громенкової щодо трансформації глобальних агроландшафтів, яка є важливою в контексті міжнародної інтеграції українського агропромислового комплексу (далі – АПК) [15]. Крім того, Н. Добрава та Е. Каражия акцентують на важливості цифровізації логістичних і управлінських процесів у підвищенні ефективності агропідприємств [16].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Попри значну кількість наукових праць, присвячених агрономії як теоретичній і прикладній галузі, у сучасних дослідженнях усе ще зберігається низка нерозв'язаних питань і наукових викликів. Передусім це стосується інституційної інтеграції агрономічної науки з інноваційними галузями – інформаційними технологіями, цифровим управлінням, біоекономікою. Більшість праць зосереджена на вузькопрофільному аналізі окремих напрямів (наприклад, рослинництва чи органічного землеробства), однак комплексна, міждисциплінарна модель агрономічного розвитку залишається недостатньо сформованою.

Окремої уваги заслуговує поглиблення досліджень впливу цифровізації аграрного сектору на сталий розвиток агросистем, зокрема в аспектах економічної ефективності, адаптації до кліматичних змін та збереження природноресурсного потенціалу. Водночас актуальною залишається проблема недостатнього впровадження інновацій у малих і середніх агропідприємствах, які часто обмежені в доступі до сучасних технологій та знань.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою статті є комплексне науково-практичне дослідження сучасних підходів в агрономії як інтегрованій галузі знань і виробництва, що об'єднує екологічні, технологічні та освітньо-інноваційні аспекти. Для досягнення поставленої мети сформульовано такі завдання:

- 1) дослідити основні напрями наукових і прикладних змін в агрономії, зокрема в контексті екологізації, цифровізації та адаптації до змін клімату;
- 2) проаналізувати сучасний стан аграрної науки й практики на основі критичного огляду вітчизняної та зарубіжної літератури, визначивши основні досягнення та проблемні зони у впровадженні інновацій;

3) сформувати рекомендації щодо формування ефективної моделі розвитку агрономії як науково-прикладної галузі, орієнтованої на міждисциплінарність, сталий розвиток та інтеграцію в європейський аграрний простір.

Виклад основного матеріалу дослідження. Сучасна агрономія є динамічною галуззю, яка інтегрує фундаментальні наукові знання з практичними завданнями сталого розвитку сільського господарства. Зміна клімату, деградація ґрунтів, потреба в збереженні біорізноманіття та посилені вимоги до якості агропродукції вимагають переосмислення традиційних агротехнологій і впровадження інноваційних підходів. У цьому контексті агрономія розвивається в напрямі міждисциплінарного науково-практичного знання, що охоплює аспекти біології, ґрунтознавства, цифрових технологій, екології та економіки. Розвиток аграрного сектору в Україні потребує впровадження новітніх моделей управління, точного землеробства та екологічно безпечних методів господарювання, що узгоджується із загальносвітовими тенденціями.

Одним із напрямів сучасних трансформацій в агрономії є її екологізація. Глобальні кліматичні зміни та накопичені екологічні проблеми зумовлюють необхідність інтеграції принципів сталого розвитку у виробничі процеси аграрного сектору. Це передбачає перехід від інтенсивних методів до збалансованих технологій землекористування, які мінімізують вплив на довкілля. Зокрема, зростає увага до органічного й консерваційного землеробства, відновлення родючості ґрунтів та скорочення викидів парникових газів у землеробстві [1, с. 9–10].

Важливим напрямом також є впровадження інтегрованих систем захисту рослин, які ґрунтуються на профілактичних агротехнічних заходах і біологічних методах для зменшення хімічного навантаження на екосистеми [16]. До основних екологічних викликів, які зумовлюють необхідність таких підходів, належать деградація ґрунтів, посилення посушливості клімату, забруднення водних ресурсів, втрата біорізноманіття, а також наслідки воєнних дій на сільгоспугіддях (табл. 1).

Таблиця 1

Основні екологічні виклики агрономії в Україні та їхні показники

Виклик	Показник (стан України)
Кліматичні зміни	Зростання частоти посух на 15–20% у південних та східних регіонах
Деградація ґрунтів	Щорічні втрати гумусу оцінюються в 0,5–1%
Забруднення водних ресурсів	Понад 40% поверхневих вод сильно забруднені
Втрата біорізноманіття	Зменшення видового складу диких рослин на 25–30% за останні 20 років
Наслідки воєнних дій	~30% сільгоспземель у зонах бойових дій небезпечні для обробітку

Джерело: сформовано авторами на основі [1, с. 9–10; 16; 17]

Що одним напрямом трансформації агрономії є цифровізація та інновації, тобто стрімка цифровізація галузі та впровадження інноваційних технологій. Точне землеробство, використання сенсорів і дронів уже стають невіддільною частиною передових агротехнологій, що дає змогу оптимізувати використання ресурсів і підвищити врожайність [1, с. 3–4; 9]. Застосування ШІ та робототехніки в агросфері відкриває нові можливості для автоматизації моніторингу й управління посівами: автономні роботи здатні точно й оперативно виконувати польові роботи, знижуючи трудові витрати, а алгоритми ШІ допомагають прогнозувати потреби рослин у волозі та добривах [5, с. 79–80]. Упровадження робототехніки й ШІ дозволяє підвищити продуктивність сільськогосподарських операцій і водночас скоротити витрати ресурсів та мінімізувати негативний вплив на довкілля [16].

В Україні цифровізація аграрного сектору стрімко розвивається, проте потребує адаптації до специфіки місцевих умов: особливо важливим є пристосування технологій точного землеробства до ґрунтово-кліматичних особливостей регіонів країни. Серед сучасних концепцій особливої уваги заслуговує парадигма «Agriculture 5.0», яка передбачає людиноцентричну взаємодію між фермером і штучним інтелектом у процесах агровиробництва [8, с. 62200–62201]. Загалом, цифрові інновації є потужним каталізатором розвитку агрономії, підвищуючи точність і ефективність агротехнічних рішень.

Визначальним трендом є також посилована увага до адаптації агротехнологій в умовах кліматичних змін. Нестабільність погодно-кліматичних умов – від частих посух до зсуву вегетаційних періодів – вимагає від агрономів гнучкості в плануванні виробничого циклу. Аграрна практика все більше орієнтується на стійкість, зокрема впроваджуються посухо- та морозостійкі сорти, удосконалюються системи зрошення й зберігання вологи в ґрунті, оптимізуються строки сівби та збору врожаю з урахуванням погодних прогнозів. Наукові дослідження наголошують, що кожен етап агротехнологічного процесу має плануватися з огляду на кліматичні ризики, оскільки нехтування цим може призвести до втрати врожайності та деградації ґрунтів [16; 17].

Аналіз сучасних практик ведення аграрного виробництва вказує на дедалі ширше застосування адаптивного землеробства, що базується на агрокліматичному зонуванні та локалізованих системах внесення добрив і обробітку ґрунту. Саме адаптація технологій до конкретних ґрунтово-кліматичних умов дозволяє суттєво підвищити агрономічну ефективність, забезпечуючи водночас зниження виробничих витрат і збереження природного середовища.

В умовах посиленої кліматичної нестабільності аграрний сектор змушений переходити від реактивних заходів до проактивного управління ризиками. Це передбачає розвиток систем агрометеомоніторингу, впровадження страхових інструментів і розроблення антикризових стратегій на випадок посух, повеней та інших екстремальних погодних явищ. Державна стратегія розвитку сільського господарства України до 2030 р. також містить комплекс заходів з адаптації до кліматичних змін – від підтримки точного зрошення до впровадження кліматично орієнтованих технологій землеробства [3]. Отже, формування кліматично стійких агросистем сьогодні розглядається як базова передумова продовольчої безпеки та довгострокової ефективності аграрного виробництва.

Варто зазначити, що сучасний стан аграрної науки й практики в Україні характеризується водночас значним потенціалом і низкою стримувальних чинників. Так, український аграрний сектор демонструє вагомі результати й відіграє важливу роль у глобальній продовольчій безпеці. До початку повномасштабної війни 2022 року Україна забезпечувала близько 10% світового експорту пшениці, понад 14% – кукурудзи та приблизно 47% – соняшникової олії [11, с. 196–197], що підтверджує її статус провідного постачальника зернових і олійних культур на світовому ринку.

Вітчизняна аграрна наука й освіта також демонструють високий інноваційний потенціал. У закладах вищої освіти активізується розвиток інноваційної компетентності майбутніх агрономів, а в межах євроінтеграційного процесу відбувається поступова гармонізація українських аграрних стандартів і практик із європейськими, що сприяє міжнародній кооперації та обміну досвідом.

Проте розвиток аграрної галузі стримують кілька важливих чинників. Однією з головних проблем є недостатній рівень технічної та технологічної модернізації, особливо в малих і середніх господарствах, які часто використовують застарілу техніку та неефективні методи виробництва. Це знижує продуктивність і конкурентоспроможність агросектору. Причинами залишаються обмежені інвестиційні

можливості й ускладнений доступ аграріїв до фінансування, що унеможлиблює впровадження інновацій на практиці. Додатковим викликом є кадрова й демографічна криза: спостерігається старіння сільського населення та відтік молоді, що призводить до нестачі кваліфікованих кадрів у галузі.

Негативний вплив на аграрну сферу чинять і зовнішні фактори, зокрема воєнні дії. З 2022 р. агропромисловий комплекс України зазнав колосальних втрат: прямі збитки галузі оцінюються у ~8,7 млрд дол. США (знищено чи пошкоджено сільськогосподарської техніки на 4,7 млрд дол. США, втрати готової продукції – ~1,9 млрд дол.), а сумарні непрямі втрати сягають 40,3 млрд дол. США. За оцінками експертів, близько чверті сільськогосподарських підприємств країни призупинили або скоротили діяльність через воєнні дії (у прифронтових областях – до 38%), порушено логістичні ланцюги експорту, що ставить під загрозу як внутрішню продовольчу безпеку, так і виконання експортних контрактів [11, с. 196–197].

З огляду на виявлені структурні виклики аграрної сфери, доцільним є розроблення комплексних практичних рекомендацій, спрямованих на оптимізацію виробничих процесів і посилення адаптивності аграрної науки до сучасних трансформаційних змін. Це охоплює реагування на кліматичні виклики, впровадження цифрових інструментів та інтеграцію України в глобальний агропромисловий простір.

Аналіз теоретичних концепцій і практичних рішень у сфері агрономії дав змогу виокремити п'ять стратегічних напрямів, що є визначальними для побудови ефективної моделі розвитку галузі. До них належать інтеграція науки, технологій і економіки; екологізація виробництва; цифрова трансформація; модернізація системи аграрної освіти; а також посилення державної підтримки з урахуванням європейських стандартів. Відповідні практичні рекомендації наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Рекомендації щодо формування ефективної моделі розвитку агрономії

Напрямок розвитку	Рекомендації
Інтеграція науки, технологій і економіки	Розвивати міждисциплінарний підхід через спільні проєкти аграріїв, економістів та IT-фахівців; створення цифрових рішень та оптимізаційних моделей
Стійке «зелене» землеробство	Упроваджувати органічне землеробство, мінімальний обробіток ґрунту, раціональні сівозміни; підтримка цих практик на державному рівні
Цифровізація та інновації	Побудова IT-інфраструктури: сенсори, супутниковий моніторинг, агроплатформи; підтримка стартапів у агротехсфері
Розвиток людського капіталу та освіти	Оновлення агроосвіти з фокусом на IT і сталий розвиток; система безперервного навчання та агродорадництва
Державна підтримка та євроінтеграція	Податкові стимули, кредитування, страхування; інтеграція до ЄС, гармонізація стандартів, участь у міжнародних дослідженнях

Джерело: власна розробка авторів

Отже, застосування запропонованих рекомендованої моделі розвитку агрономії дозволить перейти до інноваційно орієнтованого та екологічно збалансованого агровиробництва. Пріоритет на цифровізацію та освітню трансформацію сприятиме формуванню нової генерації фахівців, готових до викликів XXI століття. Водночас розвиток інституційної підтримки й розширення міжнародної інтеграції створять сприятливі умови для поглиблення наукового пошуку й технологічного оновлення аграрної сфери.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Дослідження підтвердило необхідність інтеграції інноваційних, екологічних і міждисциплінарних підходів

в агрономії для формування стійких та ефективних агросистем у контексті сучасних глобальних викликів. У процесі наукового аналізу було виявлено, що сучасні трансформації агрономії відбуваються насамперед у таких напрямках, як екологізація, цифровізація та адаптація до кліматичних змін. Посилення уваги до органічного землеробства, біологічних методів захисту рослин, стійких агротехнологій є відповіддю на поглиблення екологічних ризиків. Цифрові інструменти (дистанційне зондування, точне землеробство і штучний інтелект) вже сьогодні формують нову парадигму агрономічного управління. Водночас нестабільність погодних умов актуалізує потребу в гнучких технологіях виробництва, орієнтованих на кліматичну стійкість.

Оцінювання стану аграрної науки й практики в Україні засвідчило суперечливу ситуацію. З одного боку, вітчизняний агросектор демонструє високу продуктивність і вагомий експортний потенціал, що підтверджується значною часткою України на світовому ринку зерна та олійних культур. До того ж варто зазначити поступове оновлення аграрної освіти та розвиток інноваційної компетентності майбутніх фахівців. З іншого боку, існують суттєві перешкоди, які стримують повноцінну реалізацію інноваційного потенціалу, зокрема це застаріла матеріально-технічна база багатьох господарств, обмежений доступ до фінансування, кадровий дефіцит та наслідки повномасштабної війни. Тимчасове припинення діяльності значної частини агропідприємств, порушення логістики та втрати інфраструктури через воєнні дії вказують на необхідність комплексної державної підтримки галузі.

На основі проведеного аналізу було розроблено інтегративну модель розвитку агрономії, яка складається з п'яти взаємопов'язаних напрямів: поєднання наукових досліджень із практикою через міждисциплінарні проекти, впровадження стійкого землеробства на основі екологічно обґрунтованих технологій, масштабування цифрових рішень і агротехнічних інновацій, трансформація системи аграрної освіти та нарощення людського капіталу, а також поглиблення євроінтеграції через гармонізацію стандартів і участь у міжнародних дослідницьких програмах. Запропоновані рекомендації не лише відображають результати теоретичного аналізу, а і є практичними інструментами для реалізації державної політики у сфері сільського господарства, освітнього реформування та управління інноваціями в агросекторі.

Перспективи подальших досліджень полягають у поглибленому вивченні впливу цифрових технологій на адаптацію агросистем до кліматичних змін, моделюванні оптимальних сівозмінних систем з урахуванням регіональних особливостей, а також аналізі соціальних аспектів трансформації аграрної науки. Особливої уваги потребує оцінювання ефективності міжсекторальної взаємодії між наукою, освітою, бізнесом та державними інституціями в агросекторі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Аралова Т., Резніченко В., Кривохижа Є. Екологічні аспекти агрономії: шляхи сталого розвитку. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2024. № 138. С. 3–14. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.138.1>
2. Александров О. Формування інноваційної компетентності у майбутніх фахівців з агрономії як наукова проблема. *Вісник Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького. Серія: Педагогічні науки*. 2024. № 3. С. 88–96. DOI: <https://doi.org/10.31651/2524-2660-2024-3-88-96>
3. Про схвалення Стратегії розвитку сільського господарства та сільських територій в Україні на період до 2030 року та затвердження операційного плану заходів з її реалізації у 2025–2027 роках: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 15 листопада 2024 р. № 1163-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/1163-2024-%D1%80> (дата звернення: 17.06.2025).
4. Лутковська С., Красносельська А. Екологізація сільського господарства: інноваційні підходи та методи сталого розвитку в умовах воєнного стану. *Циф-*

рова економіка та економічна безпека. 2025. Вип. 2 (17). С. 339–346. DOI: <https://doi.org/10.32782/dees.17-55>

5. Осіпов М., Рудь А., Ляшко Ю. Інноваційні підходи до управління агрономічними процесами з використанням робототехніки та штучного інтелекту. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2024. № 4 (45). С. 78–84. DOI: <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2024-4.11>

6. Bhagat P., Naz F., Magda R. Artificial intelligence solutions enabling sustainable agriculture: A bibliometric analysis. *PloS ONE*. 2022. Vol. 17. № 6. Article e0268989. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0268989>

7. Rajput A., Roy S., Waghmare M., Singh S., Shukla V., Singh V., Singh P. Exploring sustainable practices in modern agronomy and their environmental impact-A Review. *International Journal of Environment and Climate Change*. 2023. Vol. 13. № 11. P. 3146–3161. DOI: <https://doi.org/10.9734/IJECC/2023/v13i113485>

8. Holzinger A., Fister I., Kaul H., Asseng S. Human-centered AI in smart farming: Toward agriculture 5.0. *IEEE Access*. 2024. Vol. 12. P. 62199–62214. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3395532>

9. Radočaj D., Jurišić M., Gašparović M. The role of remote sensing data and methods in a modern approach to fertilization in precision agriculture. *Remote Sensing*. 2022. Vol. 14. Article 778. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs14030778>

10. Тимчук В., Скнипа Н., Тимчук Н. Методологічні підходи оптимізації рослинництва України. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агрономія і біологія*. 2023. Вип. 3 (53). С. 99–107. DOI: <https://doi.org/10.32782/agrobio.2023.3.14>

11. Томашук І., Горобчук Р. Потенціал аграрного сектора України: перспективи розвитку та можливості підвищення ефективності його використання. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2024. № 138. С. 193–201. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.138.24>

12. Надвиничний С., Пушкар З. Сучасні підходи до формування експортної стратегії розвитку аграрного сектору та забезпечення продовольчої безпеки України. *Економічний аналіз*. 2021. Т. 31. № 3. С. 25–32. DOI: <https://doi.org/10.35774/econa2021.03.025>

13. Людвік І. Особливості інноваційного розвитку підприємств АПК України у сучасних умовах. *Економіка, фінанси, менеджмент: актуальні питання науки і практики*. 2023. № 2. С. 119–134. DOI: <https://doi.org/10.37128/2411-4413-2023-2-8>

14. Прокопенко Н., Дець Т., Рожі Т. Земельне планування та управління земельними завданнями в межах агроландшафтних проєктів: успішні практики та виклики. *Містобудування та територіальне планування*. 2024. № 86. С. 462–476. DOI: <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2024.86.462-476>

15. Громенкова С. Глобальні виробничо-збутові ланцюги у агропродовольчій сфері: сучасна політика та практика. *Вісник Хмельницького національного університету. Економічні науки*. 2022. № 4. С. 140–148. DOI: <https://doi.org/10.31891/2307-5740-2022-308-4-22>

16. Добрава Н., Каражия Е. Інноваційні технології в агробізнесі: роль у підвищенні ефективності та конкурентоспроможності. *Науковий вісник Одеського національного економічного університету*. 2024. № 5–6 (318–319). С. 123–128. DOI: <https://doi.org/10.32680/2409-9260-2024-5-6-318-319-123-128>

17. Агротехнічні секрети захисту рослин. *Vegetable: вебсайт*. 2025. URL: <https://vegetable.com.ua/yak-pravilno-provoditi-agrotexnichni-zaxodi-dlya-zapobigannya-xvorobam> (дата звернення: 16.06.2025).

18. Кернасюк Ю. Проблеми й перспективи вітчизняної індустрії та ринку мінеральних добрив. *Агробізнес Сьогодні: вебсайт*. 2024. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/ekonomichnyi-hektar/item/29182-problemy-i-perspektyvy-vitchyznanoi-industrii-ta-rynku-mineralnykh-dobryv.html> (дата звернення: 17.06.2025).

УДК 633.2:581.1:631.559(477.44)

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.144.20>

ПОПУЛЯЦІЙНА МІНЛИВІСТЬ МОРФО-БІОЛОГІЧНИХ ТА ГОСПОДАРСЬКО-ЦІННИХ ОЗНАК ПИРІЮ ПРОМІЖНОГО KERNZA В УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Ожиганов К.Д. – аспірант відділу селекції кормових, зернових,
колосових та технічних культур,
Інститут кормів та сільського господарства Поділля Національної академії
аграрних наук України
orcid.org/0009-0009-3297-7821

У статті представлено результати дослідження популяційної мінливості морфо-біологічних та господарсько-цінних ознак міжродового гібриду пирію проміжного Kernza (*Thinopyrum intermedium* × *Triticum aestivum*) у зоні Правобережного Лісостепу України за перший рік вегетації. Метою роботи стало виявлення рівня внутрішньопопуляційної варіації основних продуктивних параметрів і оцінка їхньої селекційної значущості в умовах абіотичних стресів та кислих ґрунтів регіону. Наукова новизна полягає у комплексному підході до первинної оцінки адаптивного потенціалу Kernza у вітчизняних умовах, що враховує не лише морфологічні показники, а й фітостійкість і збиральний індекс.

Методично дослідження базувалося на аналізі 60 сімейних ліній культури, для яких визначено висоту рослин, довжину колосу, кількість колосків і насінин, масу 1000 насінин, вегетативну масу та насіннєву продуктивність. Визначено рівень ураження рослин основними грибними хворобами за шкалою фітопатологічної оцінки. За отриманими даними розраховано межі варіації, середні значення та коефіцієнти варіації, що дозволило зробити висновки про ступінь генетичної стабільності та адаптаційної гнучкості окремих ознак.

Результати дослідження показали значну варіабельність серед родин Kernza, особливо за ознаками насіннєвої продуктивності: кількість насінин у колосі ($V = 42,9\%$), вага насіння з ділянки ($V = 37,1\%$), маса 1000 насінин ($V = 26,04\%$). Помірний рівень варіації встановлено для збирального індексу та вегетативної маси, що дозволяє залучати ці показники як другорядні селекційні критерії. Висота рослин виявилася найбільш стабільною ознакою ($V = 8,51\%$), що може свідчити про сталу спадкову детермінацію. Ідентифіковано родини з високими адаптивними параметрами, які поєднують фітостійкість до іржі та фузаріозу з потенціалом генерації якісного насіння.

Проведений аналіз підтверджує доцільність подальших досліджень із вивчення міжродового гібриду Kernza як перспективної багаторічної зернової культури для умов Правобережного Лісостепу України. Отримані результати можуть стати підґрунтям для формування вихідного селекційного матеріалу з підвищеною адаптивністю, стабільною продуктивністю та стійкістю до патогенів в умовах кліматичних викликів. Подальші етапи передбачають багатоциклову оцінку стабільності ознак у динаміці років і вивчення кореляцій між генеративними та вегетативними характеристиками для побудови ефективної моделі добору.

Ключові слова: Kernza, пирій проміжний, популяційна мінливість, насіннєва продуктивність, морфо-біологічні ознаки, адаптація, фітостійкість, Лісостеп України.

Ozhihanov K.D. Population-level variability of morphological, biological, and agronomically valuable traits of intermediate wheatgrass (*thinopyrum intermedium*, Kernza) under the conditions of the right-bank Forest-Steppe zone of Ukraine

The article presents the results of a study on the population variability of morpho-biological and economically valuable traits of the intergeneric hybrid intermediate wheatgrass Kernza (*Thinopyrum intermedium* × *Triticum aestivum*) in the Right-Bank Forest-Steppe zone of Ukraine during the first year of vegetation. The aim of the study was to identify the level of intrapopulation variation in key productivity parameters and to assess their breeding significance under abiotic stress conditions and acidic soils of the region. The scientific novelty lies in a comprehensive approach to the initial evaluation of Kernza's adaptive potential under domestic conditions, taking into account not only morphological traits but also disease resistance and harvest index.

The methodological basis of the study included an analysis of 60 family lines, for which plant height, spike length, number of spikelets and seeds, thousand seed weight, vegetative mass, and seed productivity were determined. The level of fungal disease damage was assessed using a phytopathological rating scale. Based on the obtained data, variation ranges, mean values, and coefficients of variation were calculated, allowing for conclusions regarding the degree of genetic stability and adaptive plasticity of certain traits.

The results revealed substantial variability among Kernza families, especially in traits related to seed productivity: number of seeds per spike ($V = 42.9\%$), seed weight per plot ($V = 37.1\%$), and thousand seed weight ($V = 26.04\%$). Moderate variability was observed for the harvest index and vegetative mass, allowing these indicators to be considered as secondary selection criteria. Plant height demonstrated the highest stability ($V = 8.51\%$), which may indicate stable genetic determination. Family lines with high adaptive parameters combining resistance to rust and fusarium with high seed production potential were identified.

The analysis confirms the feasibility of further research on the intergeneric hybrid Kernza as a promising perennial grain crop for the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. The obtained results can serve as a basis for forming initial breeding material with improved adaptability, stable productivity, and pathogen resistance under climate change conditions. Further stages will focus on multi-year stability assessment and the study of correlations between generative and vegetative traits to construct an effective selection model.

Key words: Kernza, intermediate wheatgrass, population variability, seed productivity, morpho-biological traits, adaptation, disease resistance, Forest-Steppe of Ukraine.

Актуальність теми дослідження. Сучасне землеробство України стоїть перед викликами, пов'язаними з кліматичними змінами, деградацією ґрунтів, зменшенням доступності водних ресурсів та необхідністю зниження залежності від інтенсивного обробітку. У таких умовах дедалі більшої ваги набувають екосистемно збалансовані агротехнології, які передбачають залучення нових культур із підвищеним адаптивним потенціалом.

Останні дослідження вказують на високу ефективність використання багаторічних злакових культур як інструменту для підвищення сталості агроландшафтів, особливо у регіонах із нестабільним зволоженням [3, с 18].

У цьому контексті міжродовий гібрид Kernza (*Thinopyrum intermedium* × *Triticum aestivum*) розглядається як перспективна культура завдяки здатності формувати стабільну насіннєву та біомасову продуктивність, зменшувати ерозійні процеси, підвищувати вміст органічної речовини в ґрунті та слугувати джерелом високоякісного корму [1, с. 20].

Однак, для ефективноної адаптації цієї культури до умов України, зокрема Правобережного Лісостепу, необхідна локальна оцінка мінливості ключових морфо-біологічних і продуктивних ознак. Підбір вихідного матеріалу для подальшої селекції неможливий без глибокого аналізу рівня варіабельності за ознаками, що визначають успішність адаптації – такими як висота рослин, вегетативна маса, колосистість, насіннєва продуктивність та фітопатологічна стійкість. Саме тому проведення регіонального польового дослідження гібридів Kernza в умовах Лісостепу є не лише своєчасним, а й стратегічно важливим для формування засад екологічно орієнтованого землеробства.

Постановка проблеми. У контексті сучасного аграрного виробництва особливої актуальності набувають питання впровадження сталих систем землеробства, здатних забезпечити стабільну продуктивність за умов кліматичної нестабільності, деградації ґрунтів та обмежених ресурсів. Одним із перспективних напрямів вирішення цих завдань є використання багаторічних зернових культур, які здатні формувати сталу урожайність протягом кількох сезонів, одночасно зменшуючи антропогенне навантаження на ґрунт.

Міжродовий гібрид пирію проміжного (*Thinopyrum intermedium* × *Triticum aestivum*), відомий під назвою Kernza, став об'єктом численних досліджень

у США, Канаді, Німеччині, Польщі, а також в окремих проєктах в Україні. Підвищений інтерес до цієї культури пояснюється її біоенергетичним потенціалом, посухостійкістю, глибокою кореневою системою та здатністю до багаторічної генерації врожаю без повторного пересіву [2, с. 52, 4, с. 23].

Водночас, незважаючи на значну кількість експериментів за межами України, у вітчизняній науці відсутній комплексний аналіз адаптаційного потенціалу Kernza в умовах Правобережного Лісостепу — зони, яка характеризується нестійким зволоженням, кислими ґрунтами та періодичним впливом абіотичних стресів. Саме тому виникає необхідність у цілеспрямованій оцінці морфо-біологічної мінливості гібридних форм Kernza в польових умовах на ранніх етапах селекційного процесу, що дозволить сформувати базу для подальшого добору перспективного вихідного матеріалу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблематика впровадження багаторічних зернових культур у системи сталого землеробства набула значної актуальності у світовій агробіології. Однією з найперспективніших культур у цьому напрямі вважається пирій проміжний (*Thinopyrum intermedium*), зокрема його міжродовий гібрид із пшеницею — Kernza. Дослідження щодо продуктивності та адаптивних властивостей цієї культури активно проводяться в США, Канаді, ЄС, про що свідчать численні публікації [1, с. 15; 31, с. 24-28; 5, с. 45].

Зокрема, праці DeNaan et al. [3, с. 45] акцентують увагу на стабільності врожайності Kernza в умовах багаторічного вирощування, а Zhang et al. [3, с. 45-48] зазначають значний вплив генетичних і агроекологічних факторів на формування морфо-біологічних ознак культури, що є важливим для прискорення селекційного процесу.

У вітчизняному науковому просторі перші результати з вивчення адаптаційного потенціалу пирію проміжного лише починають формуватись, зосереджуючись переважно на аналізі морфологічної мінливості та оцінці господарсько-цінних ознак.

Разом із тим, залишаються відкритими питання щодо популяційної варіабельності окремих параметрів у межах колекційного матеріалу за конкретних ґрунтово-кліматичних умов України. Недостатньо також досліджено рівень варіації генеративних і вегетативних ознак у контексті селекційної цінності та стабільності прояву. Саме ці аспекти становлять предмет даного дослідження.

Виділення невирішених частин проблеми. Попри наявність міжнародного досвіду вирощування міжродового гібриду Kernza як перспективної багаторічної зернової культури, в Україні ця культура перебуває на початкових етапах впровадження. Обмежена кількість досліджень стосується саме адаптаційного потенціалу Kernza в умовах Правобережного Лісостепу, зокрема – популяційної мінливості господарсько-цінних ознак та рівня генетичної стабільності у нових кліматичних умовах.

Відсутність систематизованих даних щодо внутрішньопопуляційної варіації ознак насіннєвої продуктивності, вегетативної маси, фітостійкості та збирального індексу ускладнює процес добору ефективних селекційних форм для регіонального землеробства.

Постановка завдання. Для досягнення поставленої мети дослідження передбачалося розв'язання таких завдань:

1. Провести агроекологічну характеристику умов вирощування міжродового гібриду Kernza в зоні Правобережного Лісостепу України.

2. Здійснити кількісну оцінку популяційної мінливості морфо-біологічних та господарсько-цінних ознак Kernza за результатами першого року польових досліджень.

3. Визначити рівень варіабельності основних продуктивних показників (вегетативна маса, висота рослин, довжина колосу, кількість насінин, маса 1000 насінин, урожайність насіння, збиральний індекс).

4. Оцінити стабільність вегетативних ознак та селекційну цінність продуктивних характеристик для подальшої селекційної роботи в умовах кліматичних змін.

Методика досліджень. Дослідження проводили у 2023–2024 роках на дослідних ділянках Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН України, що розташовані в зоні Правобережного Лісостепу. Клімат регіону характеризується помірно континентальним типом із періодичними літніми засухами, що зумовлює актуальність добору адаптивних культур із високим рівнем посухостійкості.

Ґрунти ділянок мають середньо кислу реакцію (рН 4,5–5,2) та підвищену щільність орного шару, що створює додаткове навантаження на механізми екологічної стійкості культур.

Об'єктом дослідження був міжродовий гібрид багаторічного злака *Kernza* (*Thinopyrum intermedium* × *Triticum aestivum*), відібраними для первинної оцінки адаптаційної здатності та продуктивного потенціалу в нових агрокліматичних умовах.

У дослідженнях використовували загальноприйняті польові та лабораторні методи оцінки морфо-біологічних і господарсько-цінних ознак. Зокрема, вимірювали висоту рослин, масу вегетативної надземної маси, довжину колосу, кількість колосків і насінин у колосі, масу 1000 насінин, урожайність насіння з ділянки, а також розраховували збиральний індекс.

Ураження рослини хворобами (борошниста роса, переноспороз) визначали на природному інфекційному фоні за дев'ятибальною шкалою: від 1 бала (відсутність ураження) до 9 балів (суцільне ураження генеративних органів).

Виклад основного матеріалу. За результатами першого року польового експерименту з вивчення міжродового гібриду *Kernza* встановлено значну популяційну мінливість за основними морфо-біологічними та господарсько-цінними ознаками. Серед досліджуваних родин спостерігали широкий діапазон варіації вегетативної маси, насінневої продуктивності та елементів структури колосу [6, с 13].

Так, вегетативна маса з ділянки (суха речовина) коливалася в межах від 0,09 до 0,39 кг, при середньому значенні $0,209 \pm 0,06$ кг і коефіцієнті варіації 29,14%.

Висота рослин змінювалася від 117 до 191 см, середній показник становив $160,5 \pm 13$ см ($V = 8,51\%$). Довжина колосу мала широку варіабельність (5,0–31,2 см), що підтверджується середнім значенням $21,31 \pm 3,6$ см і коефіцієнтом варіації 17,00%.

Кількість колосків у колосі варіювала від 8 до 28 (у деяких випадках з редукцією до 4), середній рівень — $18,4 \pm 3,3$ шт. ($V = 18,35\%$). Кількість насінин у колосі мала високий ступінь коливання — від 3 до 69, що дало середнє значення $27,8 \pm 11,9$ шт. і коефіцієнт варіації 42,9%, що свідчить про значний вплив генетичних і середовищних чинників.

Маса 1000 насінин варіювала в межах 8,1–20,4 г, з середнім рівнем $7,4 \pm 3,5$ г і варіацією 26,04%. Вага насіння з ділянки становила від 11,1 до 71,3 г, при середньому $29,10 \pm 10,7$ г ($V = 37,10\%$). Збиральний індекс варіював у межах 3,70–24,58, з середнім значенням $12,63 \pm 4,8$ ($V = 31,29\%$).

Зведені середні значення, межі варіації та коефіцієнти варіації подано у Таблиці 1.

Таблиця 1

Загальна характеристика сімей 2023-2024

№ п/п	Показники	Ліміти		$\bar{x} \pm S$	V, %
		min	max		
1	Вегетативна маса з ділянки (суха речовина), кг	0,09	0,39	0,209 $\pm$ 0,06	29,14
2	Висота рослин, см	1,17	1,91	1,605 $\pm$ 0,13	8,51
3	Довжина колосу, см	5,0	31,2	21,31 $\pm$ 3,6	17,00
4	Кількість колосків у колосі, шт.	8	28	18,4 $\pm$ 3,3	18,35
5	Кількість насінин в колосі, шт.	8	69	27,8 $\pm$ 11,9	42,9
6	Маса 1000 насінин, г	8,1	20,4	7,4 $\pm$ 3,5	26,04
7	Вага насіння з ділянки, г	11,1	71,3	29,10 $\pm$ 10,7	37,10
8	Збиральний індекс	3,70	24,58	12,63 $\pm$ 4,8	31,29

Аналіз результатів засвідчив, що показники, пов'язані із формуванням генеративної частини рослини (кількість насінин у колосі, маса 1000 насінин, урожайність насіння), мали вищий рівень варіабельності порівняно з вегетативними ознаками.

Найбільший коефіцієнт варіації зафіксовано для кількості насінин у колосі (42,90%) та ваги насіння з ділянки (37,10%), що свідчить про значні внутрішньо-популяційні відмінності у потенціалі насінневої продуктивності.

Висота рослин продемонструвала відносно низьку варіабельність ($V = 8,51\%$), що може свідчити про генетичну стабільність цієї ознаки в умовах Правобережного Лісостепу [7, с 13; 8, с. 20]. Вегетативна маса та збиральний індекс виявилися помірно варіабельними, що дозволяє розглядати їх як другорядні селекційні критерії при доборі найбільш ефективних форм.

Отримані результати засвідчують наявність широкої адаптаційної основи для формування високопродуктивних генотипів пирію Kernza. Високий ступінь варіації окремих ознак є селекційно цінним та дозволяє здійснювати ефективний добір за бажаними параметрами продуктивності.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Проведене дослідження засвідчило суттєву популяційну мінливість морфо-біологічних та господарсько-цінних ознак пирію проміжного Kernza в умовах Правобережного Лісостепу України. Найвищий рівень варіації було виявлено серед показників, пов'язаних із насінневою продуктивністю, зокрема кількістю насінин у колосі ($V = 42,9\%$) та вагою насіння з ділянки ($V = 37,1\%$), що свідчить про наявність значного потенціалу для ефективного селекційного добору за цими ознаками.

Натомість висота рослин виявила стабільність у межах популяції ($V = 8,51\%$), що може бути свідченням генетичної сталості цієї ознаки в конкретних екологічних умовах. Помірна варіабельність вегетативної маси та збирального індексу відкриває можливості для врахування цих параметрів як додаткових селекційних критеріїв.

Отримані результати підтверджують доцільність подальших досліджень щодо диференціації сімей за адаптивністю та продуктивністю, а також необхідність поглибленої оцінки стійкості до хвороб у наступні роки спостережень. Подальші етапи досліджень будуть зосереджені на стабільності ознак у динаміці років та кореляціях між вегетативними й генеративними характеристиками, що дозволить сформувати цілісну модель адаптивного потенціалу гібриду Kernza в умовах кліматичних викликів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Culman S. W., Snapp S. S., Ollenburger M., Basso B., DeHaan L. R. Soil and water quality rapidly responds to the perennial grain *Kernza* wheatgrass. *Agronomy Journal*. 2013. Vol. 105, No. 3. P. 735–744. DOI: 10.2134/agronj2012.0273.
2. De Oliveira G., Brunsell N. A., Sutherland C. E., Crews T. E., DeHaan L. R. Energy, water and carbon exchange over a perennial *Kernza* wheatgrass crop. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2018. Vol. 249. P. 120–137. DOI: 10.1016/j.agrformet.2017.11.038.
3. Zhang X., Sallam A., Gao L., Kantarski T., Poland J., DeHaan L. R., Wyse D. L., Anderson J. A. Establishment and optimization of genomic selection to accelerate the domestication and improvement of intermediate wheatgrass. *The Plant Genome*. 2016. Vol. 9, No. 1. P. 1–18. DOI: 10.3835/plantgenome2015.07.0059.
4. Chairí F., Sanchez Bragado R., Serret M. D., Aparicio N., Nieto Taladriz M. T., Luis Araus J. Agronomic and physiological traits related to the genetic advance of semi dwarf durum wheat: the case of Spain. *Plant Science*. 2020. Vol. 295. Article 110210. DOI: 10.1016/j.plantsci.2019.110210.
5. Karpenko V. P., Poltoretskyi S. P., Liubych V. V., Adamenko D. M., Kravets I. S., Prytuliak R. M. Agrobiological characteristics of spelt wheat and intermediate wheatgrass in the Right Bank Forest Steppe of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. Vol. 10, No. 5. P. 81–86. DOI: 10.15421/2020_210.
6. Bajgain P., Zhang X., Jungers J., DeHaan L., Heim B., Sheaffer C., Wyse D., Anderson J. ‘MN-Clearwater’, the first food-grade intermediate wheatgrass (*Kernza* perennial grain) cultivar. *Journal of Plant Registrations*. 2020. Vol. 14, No. 3. P. 288–297. DOI: 10.1002/plr2.20042.
7. Crain J., et al. Genetic architecture and QTL selection response for *Kernza* perennial grain domestication traits. 2022. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/> (дата звернення: 25.06.2025).
8. Oliveira C., Smith J., DeHaan L. Ecosystem benefits of perennial grain crop intermediate wheatgrass (*Thinopyrum intermedium*). Wageningen University & Research – RVO Report AGRO20003. 2022. 24 p. URL: <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2022-12/AGRO20003%20Ecosystem-benefits-of-perennial-grain-crop.pdf> (дата звернення: 25.06.2025).

УДК 631.95:004.9

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.144.21>

ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ У МОНІТОРИНГУ ШКІДНИКІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР: СУЧАСНІ ПІДХОДИ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ

Писаренко В.М. – д.с.-г.н., професор,
завідувач кафедри захисту рослин,
Полтавський державний аграрний університет
orcid.org/0000-0002-0184-3929

Шерешило Б.О. – аспірант кафедри захисту рослин,
Полтавський державний аграрний університет
orcid.org/0009-0008-3433-8890

У статті висвітлено проблеми моніторингу шкідників сільськогосподарських культур в умовах трансформації аграрного виробництва та зростання біотичних загроз. Зазначено, що традиційні методи обліку часто є недостатньо точними, затратними та повільними для інтенсивного землеробства. У цьому контексті зростає значення цифрових технологій, що забезпечують оперативність, просторову точність і глибину аналізу у фітосанітарному моніторингу. Метою дослідження є аналіз сучасних цифрових технологій моніторингу шкідників, оцінка їх ефективності та обґрунтування шляхів впровадження в аграрних підприємствах Лівобережної України.

У ході дослідження було здійснено всебічну систематизацію основних цифрових інструментів, які активно застосовуються у сучасному землеробстві для цілей моніторингу шкідників та оперативного реагування на біотичні загрози. Зокрема, охарактеризовано функціональні можливості таких технологічних рішень, як безпілотні літальні апарати (дрони), що забезпечують високу точність візуального зондування; супутникові знімки, які дозволяють здійснювати просторово-часовий аналіз стану посівів на великих площах; сенсорні системи, здатні відстежувати мікрокліматичні параметри; інтернет речей (IoT), що об'єднує всі пристрої в єдину інформаційну мережу; а також мобільні аналітичні платформи, які надають користувачеві візуалізовані дані в режимі реального часу.

У висновках дослідження обґрунтовано, що цифровий моніторинг повинен розглядатися як невід'ємна складова сучасної системи управління аграрним підприємством. Його інтеграція сприяє підвищенню продуктивності культур, оптимізації використання засобів захисту рослин, підвищенню екологічної відповідальності та довгостроковій стійкості агровиробництва.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з розробкою адаптивних моделей цифрового моніторингу для малих і середніх господарств, удосконаленням алгоритмів прогнозування із застосуванням ШІ, вивченням бар'єрів впровадження технологій у сільській місцевості та формуванням нормативно-освітніх умов для ширшого використання агротехнологій в Україні.

Ключові слова: цифрові технології, моніторинг шкідників, точне землеробство, дрони, супутникові знімки, сенсори, IoT, агротехнології, фітосанітарний контроль, аграрний менеджмент.

Pysarenko V.M., Shereshylo B.O. Digital technologies in pest monitoring of agricultural crops: modern approaches and application efficiency

The article explores the pressing issues of pest monitoring in agricultural crops under the conditions of transforming agricultural production and growing biotic threats. It is established that traditional pest accounting methods, despite their prevalence, are often insufficiently accurate, resource-intensive, and slow in the context of intensive farming. In this regard, special attention is given to the application of digital technologies, which ensure a high level of responsiveness, spatial accuracy, and analytical depth in the process of phytosanitary monitoring. The purpose of the study is to analyze modern digital technologies for pest monitoring, assess their effectiveness based on key criteria, and justify directions for their implementation in agricultural enterprises in the Left Bank region of Ukraine.

The research involved comprehensive systematization of the main digital tools actively used in

modern crop production for pest monitoring and prompt response to biotic threats. In particular, the study outlines the functional capabilities of technological solutions such as unmanned aerial vehicles (drones), which provide high precision in visual sensing; satellite imagery, which allows spatio-temporal analysis of crop conditions across large areas; sensor systems capable of tracking microclimatic parameters; the Internet of Things (IoT), which connects all devices into a unified information network; and mobile analytical platforms that deliver visualized data in real time.

A comparative analysis of digital technologies and traditional monitoring methods revealed significant advantages of the latest approaches in terms of scalability, process automation, independence from human factors, and integration capabilities with other management systems of agricultural enterprises. The study concludes that digital monitoring should be regarded as an integral part of modern agricultural enterprise management. Its integration contributes to increased crop productivity, optimized use of plant protection products, enhanced environmental responsibility, and long-term sustainability of agricultural production.

Future research directions focus on developing adaptive models of digital monitoring for small and medium-sized farms; improving forecasting algorithms using artificial intelligence; evaluating socio-economic barriers to technology implementation in rural areas; and creating regulatory and educational prerequisites for the large-scale dissemination of agrotechnologies in Ukraine.

Key words: *digital technologies, pest monitoring, precision farming, drones, satellite imagery, sensors, IoT, agrotechnologies, phytosanitary control, agricultural management.*

Актуальність теми дослідження. У сучасних умовах глобальних кліматичних змін, зростання інтенсивності землеробства та посилення фітосанітарних ризиків особливої уваги потребує впровадження інноваційних підходів до моніторингу шкідників сільськогосподарських культур. Традиційні методи, засновані на візуальних обстеженнях та періодичному відборі проб, часто не забезпечують достатньої точності, оперативності та територіального охоплення. Натомість цифрові технології – зокрема дрони, супутникові знімки, сенсорні системи та платформи аналітики – відкривають нові можливості для своєчасного виявлення загроз, прогнозування їх динаміки та прийняття обґрунтованих управлінських рішень. Це особливо актуально для культур стратегічного значення, таких як соняшник, вирощування якого поширене в регіонах Лівобережної України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У науковій літературі активно розглядаються питання фітосанітарного моніторингу в контексті забезпечення продовольчої безпеки та мінімізації економічних втрат у рослинництві. Дослідники зосереджуються як на вивченні біоекологічних особливостей основних шкідників, так і на розробці алгоритмів автоматизованого виявлення та прогнозування їх поширення. Зокрема, у працях вітчизняних і зарубіжних вчених висвітлено можливості застосування геоінформаційних систем (GIS), машинного навчання та супутникових технологій для просторового аналізу біотичних загроз. Водночас недостатньо систематизовані знання щодо ефективності практичного впровадження цифрових рішень у вітчизняному аграрному секторі, що зумовлює потребу в поглибленому дослідженні цієї проблематики.

Aziz D., Rafiq S., Saini P., Ahad I., Gonal B., Rehman S.A., Rashid S., Saini P., Rohela G.K., Aalum K., Singh G., Gnanesh B.N. і Nabila Iliya M. дослідили потенціал використання штучного інтелекту та дистанційного зондування для моніторингу сільськогосподарства в умовах глобальних викликів. Узагальнено переваги таких технологій для раннього виявлення шкідників, точного прогнозування їх спалахів та зниження екологічного навантаження через оптимізацію захисних заходів.

Ahmed S., Marwat S.N.K., Brahim G.B. [2] присвятили дослідження розробці IoT-платформи для виявлення шкідників на основі смарт-пастки та глибинного навчання в умовах реального польового середовища. Встановлено, що запропонована система забезпечує високу точність класифікації фруктових мух і перевершує інші моделі за ключовими показниками ефективності.

Ouma G. O., Okanda P., Awuor F. M., Makiya C. R. [3] дослідили умови ефективного впровадження цифрових рішень для масштабного моніторингу шкідників і хвороб сільськогосподарських культур. Узагальнено перспективи використання смартфонів та краудсорсингових підходів, а також визначено фактори, що впливають на прийняття технологій у країнах, що розвиваються.

Kreuze J., Thiele G., Friedmann M., Campos H., Polar V., Bentley J. W. [4] узагальнили доступні цифрові інструменти для ідентифікації, моніторингу та контролю шкідників, зокрема у вирощуванні коренеплодів, бульб та бананів. Досліджено потенціал застосування штучного інтелекту, мобільних додатків та дронів, а також окреслено виклики поширення цифрових рішень серед малих фермерів і роль державної підтримки.

Karim Ennouri, Mohamed Ali Triki, Abdelaziz Kallel [5] присвятили дослідження використанню технологій дистанційного зондування як основи для точного виявлення рослинного стресу, ознак хвороб і стану рослин. Встановлено, що гіперспектральна зйомка та аналіз відбиття світла від листя є ефективними інструментами для моніторингу шкідників і прийняття рішень у межах прецизійного землеробства.

Burdiak M., Tomashuk I. [6] присвятили статтю теоретичному обґрунтуванню цифровізації аграрного сектору як ключового чинника підвищення ефективності агропромисловості. Встановлено, що формування єдиної цифрової моделі аграрного підприємства сприяє оптимізації управління, зниженню витрат і підвищенню конкурентоспроможності в умовах просторової неоднорідності полів.

Огляд проаналізованих публікацій засвідчив зростаючу увагу науковців до застосування цифрових технологій у сфері моніторингу шкідників сільськогосподарських культур. Автори досліджень акцентують на перевагах використання штучного інтелекту, IoT, дистанційного зондування та мобільних додатків для підвищення точності виявлення загроз і зменшення екологічного навантаження.

Незважаючи на значну кількість праць, наше дослідження спрямоване на систематизацію підходів до впровадження цифрових інструментів моніторингу шкідників в аграрних умовах Лівобережної України, з акцентом на практичну ефективність, доступність технологій та адаптацію до регіональних особливостей агропромисловості.

Постановка завдання. Мета дослідження – проаналізувати сучасні цифрові технології моніторингу шкідників сільськогосподарських культур, оцінити їх ефективність у забезпеченні своєчасного виявлення біотичних загроз та обґрунтувати напрями їх практичного впровадження в аграрних підприємствах Лівобережної України.

Методологічною основою дослідження є системний підхід до аналізу цифрових технологій у сфері моніторингу шкідників сільськогосподарських культур. У процесі роботи використано комплекс загальнонаукових методів: аналіз і синтез – для узагальнення сучасних підходів до боротьби зі шкідниками та виділення переваг цифрових рішень; порівняльний аналіз – для оцінки ефективності традиційних і цифрових методів моніторингу за ключовими критеріями (точність, швидкість реагування, економічність); метод експертних оцінок і кейс-аналізу – для аналізу прикладів впровадження цифрових інструментів в Україні та за кордоном.

Інформаційною базою дослідження стали наукові публікації, аналітичні звіти, дані офіційних сайтів розробників аграрних цифрових платформ (DJI, OneSoil, EOSDA, Trarview), а також матеріали міжнародних досліджень у галузі точного землеробства, дистанційного зондування та біобезпеки. Окрему увагу приділено

аналізу відкритих джерел, які містять оцінки практичного застосування цифрового моніторингу в аграрних господарствах різного масштабу.

Виклад основного матеріалу дослідження. Одним із ключових викликів аграрного виробництва залишається вплив шкідників, які здатні не лише суттєво знижувати врожайність сільськогосподарських культур, а й погіршувати якість продукції. В умовах зростаючого глобального попиту на продовольство ефективна боротьба з біотичними загрозами набуває стратегічного значення для забезпечення продовольчої безпеки та стабільного розвитку аграрного сектору.

Боротьба зі шкідниками сільськогосподарських культур – це складний і багатфакторний процес, що вимагає постійного моніторингу, оцінки ризиків, а також застосування інтегрованих підходів до захисту. Для ефективного контролю критично важливим є не лише вчасне виявлення загроз, а й правильна ідентифікація видів шкідників, особливостей їх біології та шляхів поширення.

Серед основних шкідників у польових умовах найпоширенішими є:

- комахи, зокрема мідниця кукурудзяна (*Zyginidia scutellaris*), блощиця соняшникова (*Eurygaster integriceps*), метелики-совки, попелиці;
- гризуни, зокрема польова миша, сірий пацюк, які пошкоджують кореневу систему та насіння;
- фітопатогени, зокрема фітофтора та мілдью, що уражують листя, стебла та кореневища рослин, спричиняючи захворювання й загибель культур.

Традиційно в аграрній практиці застосовуються класичні методи обліку чисельності та контролю шкідників, які включають:

- візуальні спостереження за станом рослин та проявами пошкоджень;
- використання світлових, феромонних і клейових пасток;
- вибіркове вилучення шкідників із ґрунту або рослинної маси;
- біологічний моніторинг за допомогою ентомологічних сіток або ґрунтових пробовідбірників.

Ключовим елементом при прийнятті рішень щодо доцільності втручання є розрахунок економічного порогу шкодочинності (ЕПШ) – критичної межі чисельності, після якої заподіяна шкода перевищує витрати на проведення захисних заходів. Попри свою практичність, такі методи потребують значних трудових ресурсів, залежать від погодних умов, суб'єктивності оцінки та не завжди дозволяють вчасно зреагувати на загрозу.

У зв'язку з обмеженнями класичних методів моніторингу шкідників, аграрна галузь дедалі активніше звертається до інноваційних цифрових рішень, які забезпечують більшу точність, оперативність та масштабованість. Застосування сучасних технологій у сільському господарстві сприяє переходу від реактивного до проактивного управління ризиками та формує нову парадигму – розумне (smart) землеробство.

У науковій та практичній площині все частіше використовуються поняття AgTech (agricultural technology) та прецизійного моніторингу, що передбачають систематичне збирання, обробку й аналіз даних про стан рослин, ґрунтів, мікроклімату і шкідників за допомогою цифрових інструментів. Такий підхід дозволяє не лише своєчасно виявляти загрози, а й прогнозувати їх динаміку та оцінювати ефективність вжитих заходів.

Розглянемо ключові інструменти цифрового моніторингу шкідників:

- безпілотні літальні апарати (БПЛА, дрони). Дрони з мультиспектральними або гіперспектральними камерами дозволяють здійснювати моніторинг стану посівів із високою просторовою та спектральною роздільною здатністю. Вони

можуть виявляти аномалії у кольорі, структурі чи текстурі рослин, які сигналізують про появу шкідників чи хвороб до появи видимих симптомів. Наприклад, дрони DJI Agras, оснащені програмами для побудови NDVI-карт (Normalized Difference Vegetation Index), дозволяють швидко оцінити вегетаційний стан культур і локалізувати проблемні зони з подальшим точковим втручанням [11, 13];

- супутникові знімки. Дані супутників, таких як Sentinel-2 (ESA) або Landsat (NASA), дають змогу здійснювати моніторинг великих площ з періодичністю у кілька днів. Аналіз NDVI-індексів, температури поверхні та вологості дозволяє ідентифікувати осередки пригнічення рослин, які можуть бути викликані дією шкідників. Наприклад, при зменшенні вегетаційного індексу в окремих ділянках поля аналітична система сигналізує про необхідність наземної перевірки [7-18];

- сенсори агроекологічного моніторингу. Стаціонарні та мобільні сенсори встановлюються безпосередньо в ґрунті або на рослинах для вимірювання мікрокліматичних показників: температури, вологості, освітлення, вмісту CO₂, швидкості вітру. Спеціалізовані феромонні пастки з вбудованими фотосенсорами автоматично фіксують появу комах, передають зображення на сервер і здійснюють автоматизовану ідентифікацію за допомогою нейронних мереж. Наприклад, система TrapView здатна автоматично рахувати шкідників у пастці та надсилати повідомлення аграрію про перевищення порогів шкодочинності [7-18];

- IoT-пристрої (Інтернет речей). Цифрові агро-IoT-мережі дозволяють об'єднати в єдину систему дані з дронів, сенсорів, супутників та аналітичних платформ. Такі рішення, як AgriTech IoT Hub, забезпечують централізований збір, аналіз та збереження даних у хмарі з можливістю інтеграції зі смартфоном або ПК. Це дозволяє отримувати попередження про появу шкідників, зміну умов середовища, прогноз погоди, вологість ґрунту тощо – в режимі реального часу [9, 14, 15];

- мобільні додатки та цифрові платформи. Ці інструменти слугують інтерфейсом між польовими пристроями та кінцевим користувачем – аграрієм, агрономом або менеджером господарства. Наприклад, застосунок OneSoil надає можливість переглядати карту вегетації, бачити аномальні ділянки, отримувати поради щодо захисту рослин. Платформа EOS Crop Monitoring дозволяє будувати історію поля, аналізувати дані за роки, завантажувати знімки, планувати роботи й автоматично отримувати попередження про ризики [9, 10, 12, 13].

Ці технології не лише покращують якість прийняття рішень, а й дозволяють значно зменшити витрати на обробіток полів, уникнути надмірного використання хімікатів і вчасно реагувати на загрози, що особливо важливо в умовах кліматичної нестабільності та обмежених ресурсів.

На практиці такі технології успішно впроваджуються як у розвинених країнах (США, Ізраїль, Нідерланди), так і в Україні. Наприклад, дрони DJI Agras, платформи OneSoil, Agrohubs, EOS Crop Monitoring, а також розробки українських агростартапів дозволяють фермерам здійснювати оперативну оцінку стану посівів, контролювати появу шкідників, планувати точкове внесення засобів захисту рослин та підвищувати ефективність витрат.

Таким чином, цифровізація аграрного виробництва стає не лише трендом, а й необхідністю в умовах нестабільного клімату, браку трудових ресурсів та зростаючої потреби в точному управлінні біотичними ризиками [7-18].

Активне впровадження цифрових інструментів у сфері агровиробництва вимагає не лише технічного забезпечення, а й науково обґрунтованого підходу до оцінки їх ефективності. Щоб зрозуміти доцільність використання тих чи інших технологій, необхідно враховувати низку критеріїв, що відображають їхню прикладну цінність у контексті моніторингу шкідників [19].

Основні критерії оцінювання включають:

– економічна доцільність – аналіз співвідношення витрат на придбання, налаштування та обслуговування системи з потенційними вигодами, зокрема зниженням втрат урожаю, скороченням обсягів використання зр, зменшенням трудозатрат;

– точність виявлення – здатність системи ідентифікувати тип шкідника, його щільність та місце розташування з мінімальною похибкою;

– швидкість реагування – затримка між моментом виявлення шкідника та отриманням сигналу (аналітичного або візуального), який дозволяє прийняти управлінське рішення.

Для кількісної оцінки ефективності можуть застосовуватися такі показники, як Mean Average Precision (mAP), Recall, F1-score, специфічність, економія ресурсів (%) тощо.

У таблиці 1 наведено порівняння основних характеристик традиційних та цифрових методів моніторингу.

Таблиця 1

Порівняння основних характеристик традиційних та цифрових методів моніторингу*

Ознака / Показник	Традиційні методи	Цифрові технології
Точність	Залежить від людського фактора	Висока, автоматизована і статистично обґрунтована
Територіальне охоплення	Обмежене (вибіркові ділянки)	Повне охоплення площі (дрон, супутник)
Швидкість реагування	Низька, залежить від графіка обходів	Висока, у режимі реального часу
Вартість у короткостроковій перспективі	Низька	Відносно висока
Вартість у довгостроковій перспективі	Зростаюча (робоча сила, похибки)	Знижувана за рахунок автоматизації
Інтеграція з іншими даними	Обмежена	Повна (метео, ґрунт, історія полів тощо)

*узагальнено на підставі [1-20]

У рамках оцінки ефективності цифрових технологій у захисті сільськогосподарських культур ключову роль відіграє побудова моделей моніторингу, що забезпечують не лише фіксацію поточного стану агроєкосистем, а й прогнозування потенційних біотичних загроз. Залежно від цілей та джерел даних, такі моделі поділяються на описові (які відображають наявну ситуацію) та прогностичні (які дають змогу передбачити подальший розвиток подій). Найбільш поширені серед них:

– NDVI-картографування (Normalized Difference Vegetation Index): застосовується для дистанційної діагностики стану рослинності за допомогою супутникових або дронів знімків. Виявлення зон зниженого NDVI дозволяє ідентифікувати потенційні ділянки ураження шкідниками, ще до появи візуально помітних симптомів;

– фенологічне моделювання: ґрунтується на аналізі агрокліматичних показників (температура, тривалість світлового дня тощо) для прогнозування фаз розвитку сільськогосподарських культур. Це дає змогу передбачити час появи найбільш уразливих стадій рослин і синхронізувати їх із календарем активності основних шкідників;

– геоінформаційні моделі (GIS): поєднують просторові дані з інформацією про біотичні чинники (популяції шкідників, історичні спалахи, шляхи міграції). Створення ризикових зон на основі таких моделей сприяє прийняттю обґрунтованих рішень щодо розміщення пасок, вибору способів обробки або зонування полів за рівнем фітосанітарної небезпеки;

– моделі на основі штучного інтелекту, зокрема нейронні мережі: використовуються для автоматичної класифікації зображень, отриманих із феромонних пасок, камер спостереження чи дронів. Завдяки машинному навчанню ці системи здатні розпізнавати окремі види шкідників, визначати їхню чисельність і навіть оцінювати рівень пошкодження культур у реальному часі.

Такі моделі дозволяють не лише здійснювати оперативне реагування, а й вибудовувати стратегії профілактики, мінімізуючи ризики на ранніх етапах.

Інтеграція цифрового моніторингу шкідників у загальну систему управління аграрним підприємством відкриває нові можливості для формування адаптивної, прогнозованої та ефективної стратегії захисту рослин. Такі рішення дозволяють забезпечити своєчасне прийняття рішень, автоматизувати облік біотичних загроз та оптимізувати використання ресурсів. Перспективи масштабування подібних технологій пов'язані з розвитком інфраструктури сільських територій, зниженням вартості обладнання та розширенням освітніх ініціатив, що сприятимуть поширенню цифрових рішень серед широкого кола агровиробників.

Висновки та пропозиції. У ході дослідження встановлено, що цифрові технології відіграють ключову роль у трансформації підходів до моніторингу шкідників у сільському господарстві. На відміну від традиційних методів, цифрові інструменти забезпечують високу точність виявлення, оперативне реагування, широке територіальне охоплення та інтеграцію з іншими аналітичними системами.

Показано, що використання дронів, супутникових знімків, сенсорів, IoT-рішень та мобільних платформ дозволяє агровиробникам не лише зменшувати ризики втрат урожаю, але й оптимізувати витрати на захист рослин. Обґрунтовано доцільність побудови моделей моніторингу, заснованих на NDVI-аналізі, GIS-технологіях та штучному інтелекті, що підвищує ефективність управлінських рішень у реальному часі.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з адаптацією цифрових технологій моніторингу до умов малих та середніх господарств, а також з удосконаленням алгоритмів прогнозування на основі штучного інтелекту. Особливо актуальним є вивчення економічної ефективності таких рішень у різних агрокліматичних зонах та оцінка їх екологічного впливу через зменшення використання хімічних засобів захисту рослин.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Aziz D., Rafiq S., Saini P., Ahad I., Gonal B., Rehman S. A., Rashid S., Saini P., Rohela G. K., Aalum K., Singh G., Gnanesh B. N., Nabila Iliya M. Remote sensing and artificial intelligence: revolutionizing pest management in agriculture. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2025. Vol. 9. DOI: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2025.1551460>.
2. Ahmed S., Marwat S. N. K., Brahim G. B., et al. IoT based intelligent pest management system for precision agriculture. *Scientific Reports*. 2024. Vol. 14. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-83012-3>.
3. Ouma G. O., Okanda P., Awuor F. M., Makiya C. R. Adopting digital solutions for large scale surveillance of crop pests and diseases in developing countries-A review. *Modern Sciences Journal*. 2023. Vol. 12, №. 2. DOI: <https://doi.org/10.57184/msj.v12i2.37>.

4. Kreuze J., Thiele G., Friedmann M., Campos H., Polar V., Bentley J. W. Innovative digital technologies to monitor and control pest and disease threats in root, tuber, and banana (RT&B) cropping systems: progress and prospects. In: Thiele G., Friedmann M., Campos H., Polar V., Bentley J. W. (eds.) *Root, Tuber and Banana Food System Innovations*. Cham: Springer, 2022. P. 237–256. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-92022-7_9.
5. Ennouri K., Triki M. A., Kallel A. Applications of remote sensing in pest monitoring and crop management. *Bioeconomy for Sustainable Development*. 2020. P. 65–77. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-13-9431-7_5.
6. Burdiak M., Tomashuk I. General aspects of the application of digital technologies in the activities of agricultural enterprises. *Change Management and Innovation*. 2023. № 7. P. 12–18. DOI: <https://doi.org/10.32782/CMI/2023-7-2>.
7. DJI Drones: Revolutionizing Crop Monitoring and Management. URL: <https://tjaerosense.com/blogs/news/dji-drones-revolutionizing-crop-monitoring-and-management> (дата звернення: 01.06.2025).
8. From predicting heatwaves to developing climate-resilient seeds: Here's how agritech can help farmers. URL: <https://www.weforum.org/stories/2024/04/how-ai-and-other-agritech-can-help-ensure-food-security/> (дата звернення: 01.06.2025).
9. How IoT is transforming AgriTech and smart farming. 19 квітня 2024 р. URL: <https://www.eseye.com/resources/blogs/how-iot-is-transforming-agritech-and-smart-farming/> (дата звернення: 01.06.2025).
10. OneSoil: a handy free fieldmap and scouting app. URL: <https://www.futurefarming.com/smart-farming/tools-data/onesoil-a-handy-free-fieldmap-and-scouting-app/> (дата звернення: 01.06.2025).
11. Li M., Shamshiri R. R., Weltzien C., Schirrmann M. Crop monitoring using Sentinel-2 and UAV multispectral imagery: A comparison case study in Northeastern Germany. *Remote Sensing*. 2022. Vol. 14, № 17. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs14174426>
12. Manage agricultural risks. Receive timely notifications URL: <https://eos.com/products/crop-monitoring/> (дата звернення: 01.06.2025).
13. Підвищуйте продуктивність полів за допомогою цифрового землеробства URL: <https://onesoil.ai/ua> (дата звернення: 01.06.2025).
14. Lowry M. IoT in agriculture: How technology is transforming farming practices. *Digital Farming*. URL: <https://www.globalagtechinitiative.com/digital-farming/iot-in-agriculture-how-technology-is-transforming-farming-practices/> (дата звернення: 01.06.2025).
15. Wozniak E. How IoT and Agri-Tech are upgrading modern farming URL: <https://www.iotforall.com/iot-smart-farming-agritech> (дата звернення: 01.06.2025).
16. Islam A. T., Islam A. K. M. S., Islam G. M. T., et al. Monitoring wheat area using sentinel-2 imagery and in-situ spectroradiometer data in heterogeneous field conditions. *Discover Agriculture*. 2024. Vol. 2. DOI: <https://doi.org/10.1007/s44279-024-00069-4>
17. Сучасні підходи до боротьби зі шкідниками сільськогосподарських культур. URL: <https://adam.ua/blog/suchasni-pidhodi-do-borotbi-zi-shkidnikami-silskogospodarskih-kultur/> (дата звернення: 01.06.2025).
18. Піщенко О. Стратегії цифрового аграрного сектору в умовах еколого-економічної безпеки. *Herald of Khmelnytskyi National University. Economic Sciences*. 2022. № 310(5(1)). С. 303–310. DOI: [https://doi.org/10.31891/2307-5740-2022-310-5\(1\)-50](https://doi.org/10.31891/2307-5740-2022-310-5(1)-50)
19. Моніторинг шкідників сільськогосподарських культур : підручник. Покозій Й. Т., Писаренко В. М., Довгань С. В. та ін. ; за ред. Й. Т. Покозія. К. : Аграрна освіта, 2010. 223 с.
20. Майстерня аграрія. URL: https://www.syngenta.ua/sites/g/files/kgtney1466/files/media/document/2024/11/20/ma_cmpr.pdf (дата звернення: 01.06.2025).

УДК 633.15:631.527.2

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.144.22>

СУЧАСНИЙ СТАН, ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОБНИЦТВА ЗЕРНА КУКУРУДЗИ

Сидякіна О.В. – к.с.-г.н., доцентка,
доцентка кафедри рослинництва та агроінженерії,
Херсонський державний аграрно-економічний університет
orcid.org/0000-0001-8812-6078

Гамула Є.А. – аспірант кафедри рослинництва та агроінженерії,
Херсонський державний аграрно-економічний університет
orcid.org/0009-0007-5214-7599

У статті висвітлено динаміку посівних площ, обсягів виробництва та врожайності зерна кукурудзи у світовому та національному масштабах упродовж 2000–2023 років. Встановлено, що за цей період спостерігається стійке зростання площ вирощування кукурудзи в більшості регіонів світу, зокрема в країнах Америки, Азії та Африки. Найвищу частку у структурі світового виробництва забезпечують США, Китай і Бразилія. Водночас Україна має одні з найвищих темпів зростання врожайності серед провідних країн-виробників, що свідчить про поступовий перехід від екстенсивної до інтенсивної моделі господарювання. Зазначено, що за аналізований період урожайність зерна кукурудзи в Україні зросла з 3,0 до понад 7,8 т/га, що зумовлено впровадженням інтенсивних технологій вирощування, оновленням сортового складу, підвищенням рівня агротехнічного обслуговування та адаптацією вирощуваних гібридів до гідротермічних умов. Установлено, що врожайність культури істотно залежить від багатьох факторів, зокрема погодних умов, генетичних особливостей гібридів, рівня мінерального живлення, застосування мікродобрив. Визначено, що за ґрунтово-кліматичних умов України досягнуто конкурентоспроможний рівень урожайності, що перевищує показники, які отримують в Індії, Бразилії, а в останні роки – і в Китаї. Водночас у статті окреслено сучасні виклики, зокрема кліматичні ризики, логістичні труднощі та наслідки воєнних дій, які впливають на стабільність виробництва. Обґрунтовано доцільність удосконалення технологій вирощування шляхом адаптації густоти стояння рослин, оптимізації живлення та проведення позакоренових підживлень у критичні фази росту й розвитку рослин. Зазначено, що впровадження комплексу агротехнічних заходів сприятиме підвищенню врожайності, стабільності виробництва зерна кукурудзи, економічної ефективності галузі, а також зміцненню продовольчої та енергетичної безпеки України навіть за умов сучасних економічних та кліматичних змін.

Ключові слова: кукурудза на зерно, виробництво, урожайність, посівні площі, елементи технології, кліматичні ризики, мінеральне живлення, позакоренове підживлення, біоенергетика, продовольча безпека.

Sydiakina O.V., Hamula Ye.A. Current state, problems and prospects of grain maize production

The article highlights the dynamics of sown areas, production volumes, and grain maize yield at the global and national levels during the period 2000–2023. It has been established that during this period there was a steady increase in the area under maize cultivation in most regions of the world, particularly in countries of the Americas, Asia, and Africa. The highest share in the structure of global maize production is provided by the USA, China, and Brazil. At the same time, Ukraine demonstrates some of the highest yield growth rates among the leading producer countries, which indicates a gradual transition from an extensive to an intensive farming model. It is noted that during the analyzed period, maize grain yield in Ukraine increased from 3.0 to over 7.8 t/ha, which is due to the implementation of intensive cultivation technologies, varietal renewal, improved agrotechnical services, and the adaptation of cultivated hybrids to hydrothermal conditions. It has been established that crop yield significantly depends on various factors, including weather conditions, the genetic characteristics of cultivated hybrids, the level of mineral nutrition, and the use of micronutrients. It is determined that under the soil and climatic conditions of Ukraine, a competitive yield level has been achieved, which exceeds the indicators

obtained in India, Brazil, and in recent years – even in China. At the same time, the article outlines current challenges, including climate risks, logistical difficulties, and the consequences of military actions that affect production stability. The feasibility of improving cultivation technologies by adjusting plant density, optimizing nutrition, and applying foliar feeding during critical growth and development phases is substantiated. It is noted that the implementation of a set of agrotechnical measures will contribute to increasing the yield, production stability, and economic efficiency of grain maize, as well as strengthening Ukraine's food and energy security even under external challenges.

Key words: grain maize, production, yield, sown area, technology elements, climate risks, mineral nutrition, foliar feeding, bioenergy, food security.

Постановка проблеми. Кукурудза належить до провідних сільськогосподарських культур світового значення та займає лідируючі позиції у продовольчій, кормовій та переробній галузях. Завдяки високому рівню врожайності та універсальності використання, вона забезпечує сировиною виробництво круп, борошна, олій, крохмалю, спирту тощо, а також широко використовується у тваринництві та в якості біотехнологічної сировини для промислового виробництва [1, 2].

За сучасних умов кукурудзу дедалі більше розглядають як джерело поновлюваної енергії. Завдяки високому вмісту крохмалю (до 85%) та відпрацьованим технологіям переробки, ця культура набуває стратегічного значення в біоенергетиці, особливо у виробництві біоетанолу [3]. За даними FAO, у США понад 40% валового збору зерна кукурудзи використовують на потреби виробництва біопалива. Перспективи виробництва біоетанолу в Україні також є значними: переробка 10 млн тонн зерна дозволяє одержати до 4 млн тонн біопалива, що потенційно може замінити значну частину імпортованих енергоносіїв [4].

У післявоєнний період, коли постане завдання комплексного відновлення економіки України, зокрема її енергетичної та аграрної складових, розвиток напрямку виробництва біопалива з кукурудзи набуде особливої актуальності. Такий підхід дозволить не лише знизити енергетичну залежність країни, а й суттєво зменшити викиди парникових газів, що відповідає глобальним тенденціям декарбонізації агровиробництва [5].

У зв'язку з цим, зростання обсягів виробництва кукурудзи в Україні стає актуальним завданням, яке потребує глибокого наукового обґрунтування шляхів підвищення її продуктивності та ефективності вирощування в умовах змін клімату, економічної нестабільності та воєнних загроз.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Упродовж останніх десятиліть світове виробництво зерна кукурудзи стабільно зростає, що зумовлено як підвищеним попитом, так і розвитком інноваційних агротехнологій. Провідними країнами з вирощування кукурудзи на зерно залишаються США, Китай і Бразилія, які формують основу світового ринку цієї культури. Водночас в Україні, яка до 2022 р. входила до п'ятірки найбільших експортерів кукурудзи у світі, ситуація зазнала істотних змін через воєнну агресію та порушення логістики. За даними JRC MARS [6], попри відносно високі рівні врожайності, загальні обсяги виробництва знизилися внаслідок зменшення посівних площ і ускладнення доступу до ресурсів. Інші джерела [7] вказують на додаткові чинники ризику – зростання вартості мінеральних добрив і засобів виробництва, які суттєво впливають на рентабельність вирощування кукурудзи в Україні.

З огляду на зростаючу увагу до екологічних проблем, актуальності набувають дослідження щодо впровадження біологізованих технологій виробництва кукурудзи. Так, за результатами досліджень Zakharchenko et al. [8], застосування біодобрив, зокрема бактеріального походження, дозволяє підвищити зернову

продуктивність на низькородючих ґрунтах і зменшити залежність від високовартісних мінеральних ресурсів. Крім того, широке використання цифрових технологій, дронів та автоматизованих систем управління створює нові можливості для адаптації аграрного виробництва до сучасних реалій [9].

Світові тенденції також вказують на необхідність трансформації галузі в умовах зміни клімату: згідно з останніми аналітичними оглядами [10], підвищення температури на 1°C може призвести до зниження врожайності кукурудзи майже на 7–8%. Одночасно, в умовах геополітичної напруженості, спостерігається зміна структури світової торгівлі кукурудзою, що послаблює стабільність її постачання до країн, найбільш чутливих до зовнішніх ринкових коливань [11, 12].

Таким чином, сучасний стан галузі вирощування кукурудзи в Україні визначається поєднанням світових виробничих трендів, внутрішніх економічних і політичних чинників, а також кліматичних змін. Тому аналіз динаміки площ посівів, урожайності та обсягів виробництва цієї культури є необхідним для розробки ефективних заходів з підвищення її продуктивності та забезпечення сталого агро-виробництва в умовах нестабільності.

Постановка завдання. Метою наукового дослідження було всебічно проаналізувати сучасні тенденції у виробництві кукурудзи в Україні та країнах-лідерах світового аграрного сектору на основі статистичних показників площ посівів, урожайності та валових зборів, з подальшою ідентифікацією основних факторів, що впливають на продуктивність культури, і науковим обґрунтуванням напрямів її підвищення в умовах післявоєнного відновлення, економічної неспроможності та змін клімату. Для досягнення мети досліджень використовували методи порівняльного аналізу, абстрактно-логічного узагальнення та графічної інтерпретації даних. Джерелами інформаційного забезпечення дослідження слугували статистичні матеріали міжнародної бази даних FAOSTAT (Продовольча та сільськогосподарська організація ООН) [13], результати вітчизняних і зарубіжних наукових досліджень, а також власні аналітичні напрацювання та розрахунки.

Виклад основного матеріалу дослідження. Світові площі посівів кукурудзи на зерно мають тенденцію до зростання. Так, якщо у 2000 р. вони становили 136,9 млн га, то у 2023 р. – 208,2 млн га, тобто збільшились на 52% (табл. 1.1). Серед регіонів світу найбільші площі посівів під цю зернову культуру відводять у країнах Америки – 55,4–79,0 млн га, причому за досліджуваний період (2000–2023 рр.) спостерігається стійка тенденція до їх зростання з максимальним значенням у 2023 р. Значно збільшили посівні площі під кукурудзою і країни Азії. Якщо у 2000 р. тут було засіяно 41,8 млн га, то у 2023 р. – 68,5 млн га, тобто на 64% більше. Стійке зростання площ посівів кукурудзи на зерно відбувається і в країнах Африки – з 24,2 млн га у 2000 р. до 44,1 млн га у 2023 р. Певні коливання посівних площ, зайнятих зерновою кукурудзою, слід відзначити на Європейському континенті. Найбільшими вони були у 2020–2021 рр. – 19,3–19,7 млн га. Незначні зміни за площами посівів кукурудзи відбулися у країнах Океанії, тут вони є мінімальними, порівняно з іншими регіонами світу. У середньому за досліджуваний 24-річний період (2000–2023 рр.) 37,96% площ посівів кукурудзи на зерно було зосереджено в країнах Америки, 32,62% – Азії, 20,04% – Африки, 9,32% – Європи і лише 0,05% – Океанії.

До топ-п'ятірки країн-лідерів за площами посівів кукурудзи на зерно входять США (18,6% від світових площ посівів у середньому за 2000–2023 рр.), Китай (19,9%), Бразилія (8,7%), Індія (4,9%) та Аргентина (2,7%). 45,3% припадає на всі інші країни-виробники цієї зернової культури. В усіх країнах-лідерах можна

спостерігати тенденцію до збільшення площ посівів кукурудзи на зерно. Якщо за період 2000–2005 рр. їх частка у світовій площі посівів цієї культури становила 53,2%, то за період 2016–2020 рр. – 55,4%, а у 2021–2023 рр. – 56,7% (рис. 1).

Таблиця 1

**Динаміка площ посівів кукурудзи на зерно за регіонами світу
(джерело: FAOSTAT, 2024)**

Рік	Регіони світу										Світова площа посівів, млн га
	Азія		Америка		Африка		Європа		Океанія		
	млн га	% від світової площі посівів	млн га	% від світової площі посівів	млн га	% від світової площі посівів	млн га	% від світової площі посівів	млн га	% від світової площі посівів	
2000	41,817	30,55	57,304	41,86	24,248	17,71	13,426	9,81	0,104	0,08	136,899
2001	42,821	31,17	57,000	41,50	23,973	17,45	13,471	9,81	0,096	0,07	137,361
2002	43,062	31,33	55,406	40,31	25,578	18,61	13,286	9,67	0,107	0,08	137,439
2003	43,793	30,29	57,653	39,88	28,272	19,56	14,781	10,22	0,074	0,05	144,573
2004	45,656	30,95	58,324	39,54	27,782	18,83	15,650	10,61	0,094	0,06	147,507
2005	47,204	31,86	57,508	38,81	29,595	19,97	13,776	9,30	0,097	0,07	148,179
2006	49,099	33,14	57,270	38,65	28,153	19,00	13,563	9,15	0,091	0,06	148,177
2007	50,996	32,02	66,101	41,51	28,480	17,88	13,602	8,54	0,071	0,04	159,249
2008	52,429	32,03	64,195	39,22	31,444	19,21	15,515	9,48	0,091	0,06	163,674
2009	53,474	33,55	61,587	38,64	30,302	19,01	13,933	8,74	0,091	0,06	159,386
2010	55,068	33,31	62,900	38,04	33,251	20,11	14,031	8,49	0,082	0,05	165,332
2011	56,253	32,56	64,410	37,29	35,343	20,46	16,651	9,64	0,085	0,05	172,743
2012	58,007	32,16	67,787	37,58	36,399	20,18	18,082	10,03	0,094	0,05	180,368
2013	60,128	32,06	70,753	37,73	37,681	20,09	18,865	10,06	0,102	0,05	187,530
2014	60,876	32,64	68,349	36,65	38,463	20,63	18,714	10,04	0,079	0,04	186,481
2015	68,454	35,83	66,934	35,04	37,751	19,76	17,825	9,33	0,084	0,04	191,048
2016	67,663	34,83	70,087	36,07	39,014	20,08	17,451	8,98	0,076	0,04	194,292
2017	67,047	33,82	71,734	36,18	42,023	21,20	17,349	8,75	0,090	0,05	198,243
2018	65,301	33,59	70,524	36,27	41,462	21,33	17,055	8,77	0,075	0,04	194,417
2019	63,875	32,65	71,228	36,41	42,110	21,52	18,347	9,38	0,081	0,04	195,640
2020	63,899	32,02	73,464	36,81	42,822	21,46	19,319	9,68	0,059	0,03	199,562
2021	66,489	32,39	75,735	36,89	43,334	21,11	19,661	9,58	0,069	0,03	205,288
2022	66,878	32,89	75,788	37,27	43,183	21,23	17,441	8,58	0,074	0,04	203,365
2023	68,535	32,91	79,049	37,96	44,090	21,17	16,460	7,90	0,101	0,05	208,234

В Україні за період 2000–2010 рр. площі посівів кукурудзи на зерно варіювали в межах від 1,123 млн га у 2001 р. до 2,648 млн га у 2010 р. (рис. 2). Надалі відбулося їх стрімке зростання до 4,827 млн га у 2013 р. і зменшення до 4,084 млн га у 2015 р. Починаючи з 2016 р., площі, відведені під кукурудзу на зерно, з кожним роком зростали і досягли свого максимуму у 2021 р. – 5,482 млн га. Загальне збільшення площ майже в 4,3 рази з 2000 по 2021 р. свідчить про значний розвиток кукурудзяної галузі в нашій країні. Незважаючи на військовий стан, складну економічну та безпекову ситуації, у 2022–2023 рр. кукурудзою було засіяно 3,975–4,125 млн га, що є досить високим показником.

Світове виробництво зерна кукурудзи за період 2000–2012 рр. коливалося в межах 592,0–887,6 млн тонн, а за період 2013–2023 рр. – 1016,6–1241,6 млн тонн (табл. 2). Тобто, як свідчать наведені дані, відбулося суттєве (більше, ніж удвічі) його зростання за досліджуваний 24-річний період.

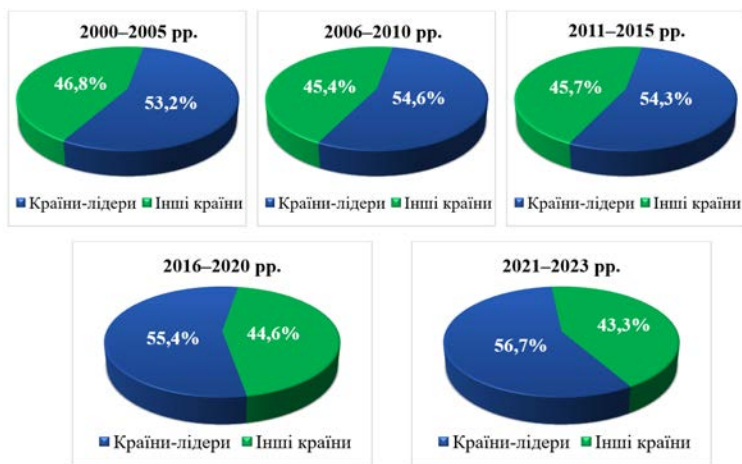


Рис. 1. Частка країн-лідерів у світовій площі посівів кукурудзи на зерно (джерело: FAOSTAT, 2024)

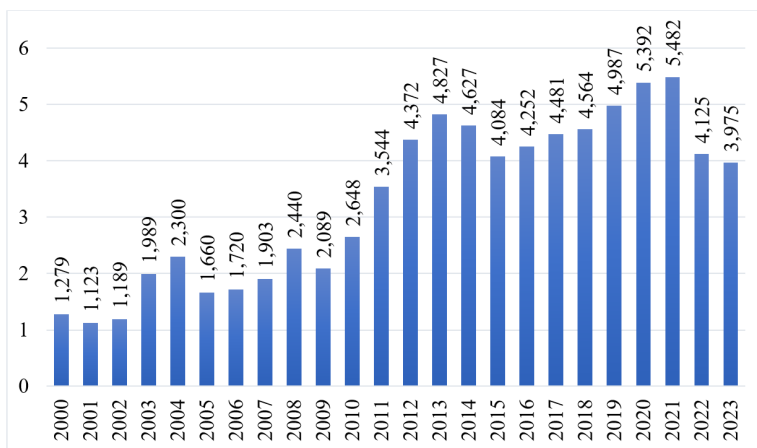


Рис. 2. Динаміка площ посівів кукурудзи на зерно в Україні, млн га (джерело: FAOSTAT, 2024)

51,4% від світового обсягу виробництва зерна кукурудзи у загальному обсязі за 2000–2023 рр. забезпечували країни Америки, 30,1% – Азії, 10,9% – Європи, 7,4% – Африки та лише 0,1% – Океанії (рис. 3). При цьому країни-лідери виробляли 70,0% від загальносвітового виробництва зерна кукурудзи.

В усіх зазначених країнах за досліджуваний період відбулося зростання обсягів виробництва: в США – з 251,9 до 389,7 млн тонн, у Китаї – з 106,2 до 289,1 млн тонн, у Бразилії – з 32,3 до 132,0 млн тонн, в Індії – з 12,0 до 38,1 млн тонн. Аргентина не є виключенням із зазначеної закономірності, але цій країні притаманне значне варіювання обсягів виробництва зерна кукурудзи за роками вирощування. Мінімальними вони були у 2009 р. – 13,1 млн тонн, максимальними – у 2021 р. – 60,5 млн тонн.

Таблиця 2

**Динаміка виробництва зерна кукурудзи за регіонами світу
(джерело: FAOSTAT, 2024)**

Рік	Регіони світу										Світове виробництво, млн тонн
	Азія		Америка		Африка		Європи		Океанія		
	млн тонн	% від світового виробництва	млн тонн	% від світового виробництва	млн тонн	% від світового виробництва	млн тонн	% від світового виробництва	млн тонн	% від світового виробництва	
2000	149,0	25,17	335,4	56,66	43,8	7,40	63,1	10,66	0,6	0,10	592,0
2001	159,1	25,87	337,9	54,93	41,4	6,73	76,1	12,37	0,5	0,08	615,1
2002	164,2	27,21	317,4	52,59	45,0	7,46	76,3	12,64	0,6	0,10	603,5
2003	167,6	25,98	362,1	56,14	45,6	7,07	69,2	10,73	0,5	0,08	645,0
2004	184,8	25,34	399,7	54,80	48,3	6,62	96,0	13,16	0,6	0,08	729,4
2005	197,6	27,67	379,5	53,14	50,4	7,06	85,9	12,03	0,6	0,08	714,1
2006	210,3	29,71	369,4	52,19	50,2	7,09	77,3	10,92	0,6	0,08	707,8
2007	219,0	27,60	455,3	57,38	49,2	6,20	69,5	8,76	0,4	0,05	793,5
2008	238,3	28,72	437,8	52,77	58,9	7,10	94,1	11,34	0,6	0,07	829,7
2009	234,2	28,53	440,6	53,68	60,8	7,41	84,6	10,31	0,6	0,07	820,8
2010	253,7	29,76	445,6	52,26	67,3	7,89	85,5	10,03	0,5	0,06	852,6
2011	271,1	30,54	437,9	49,34	66,9	7,54	111,1	12,52	0,6	0,07	887,6
2012	288,3	32,97	418,2	47,82	72,3	8,27	95,0	10,86	0,7	0,08	874,5
2013	305,1	30,01	519,6	51,11	71,6	7,04	119,5	11,75	0,7	0,07	1016,6
2014	303,7	29,19	526,8	50,63	80,3	7,72	129,0	12,40	0,6	0,06	1040,4
2015	353,5	33,55	521,9	49,53	73,7	6,99	103,9	9,86	0,7	0,07	1053,8
2016	355,3	31,62	576,4	51,30	73,5	6,54	117,7	10,48	0,6	0,05	1123,5
2017	356,1	31,33	578,4	50,89	90,5	7,96	110,9	9,76	0,6	0,05	1136,5
2018	351,5	31,59	549,2	49,35	83,2	7,48	128,4	11,54	0,6	0,05	1112,8
2019	356,9	31,39	562,8	49,50	83,9	7,38	132,8	11,68	0,5	0,04	1136,9
2020	357,6	30,96	580,2	50,24	93,2	8,07	123,4	10,68	0,5	0,04	1154,9
2021	374,9	31,12	590,2	48,99	97,1	8,06	141,9	11,78	0,5	0,04	1204,7
2022	389,5	33,52	574,5	49,44	94,8	8,16	102,7	8,84	0,6	0,05	1162,1
2023	403,7	32,51	623,2	50,19	95,0	7,65	119,0	9,58	0,6	0,05	1241,6

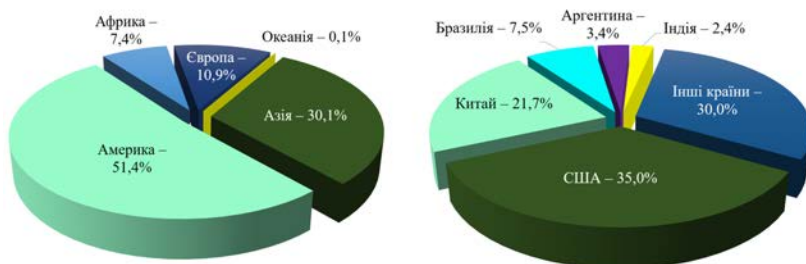


Рис. 3. Частка регіонів та країн-лідерів у світовому виробництві зерна кукурудзи у загальному обсязі за 2000–2023 рр. (джерело: FAOSTAT, 2024)

Значення України на світовому ринку зерна кукурудзи поступово зростає. У 2000 р. наша країна займала невелику нішу у світовому виробництві зерна

кукурудзи – 0,7% від загального обсягу, що свідчить про обмежену масштабність вирощування цієї культури в цей період (рис. 4).

З 2003 р. відбулося помітне збільшення частки у світовому виробництві – 1,1–1,2% у 2003–2004 роках, що було обумовлено як збільшенням площ посівів, так і вдосконаленням агротехнічних заходів, які сприяли зростанню врожайності. У період 2005–2010 рр. спостерігали деякі коливання обсягів виробництва зерна кукурудзи – від 6,426 млн тонн у 2006 р. до 11,953 млн тонн у 2010 р. або від 0,9 до 1,4% загального обсягу світового виробництва.

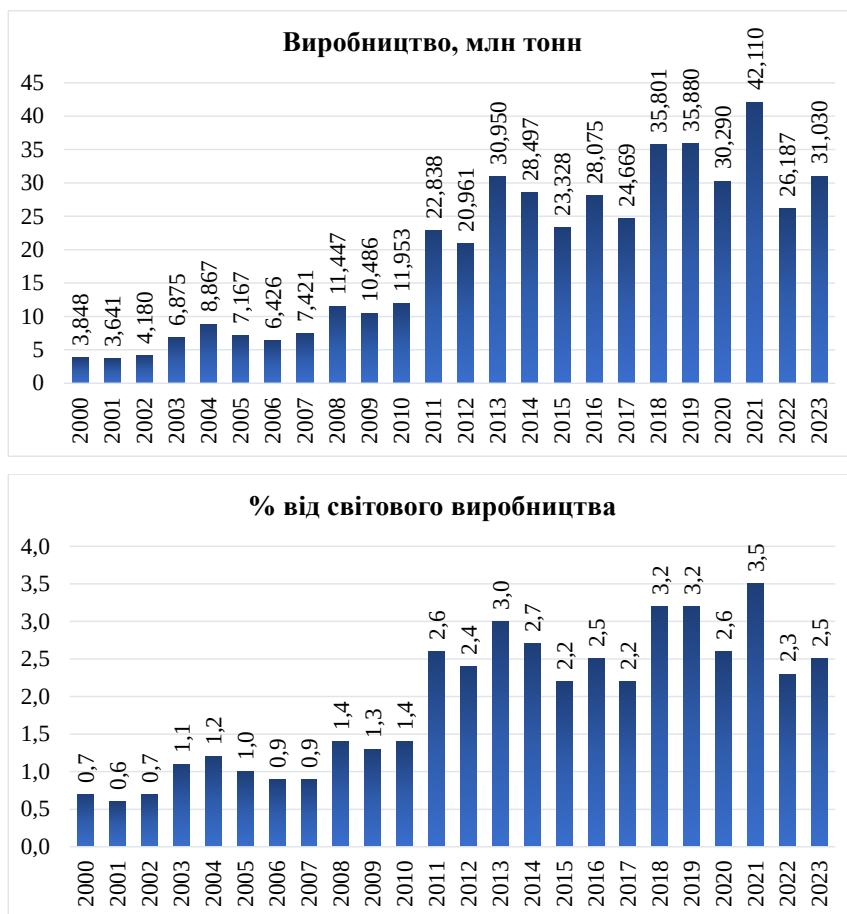


Рис. 4. Динаміка виробництва зерна кукурудзи в Україні та його частка у світовому виробництві (джерело: FAOSTAT, 2024)

З 2011 року відбулося значне зростання частки України у світовому виробництві зерна кукурудзи – до 2,6% у 2011 р., 2,4% у 2012 р. та пікове значення 3,0% у 2013 р. Цей період характеризувався інноваційними елементами агротехнологій та активною інтеграцією українського агросектору до світових ринків.

Упродовж 2014–2021 рр. спостерігали стабілізацію зерновиробництва кукурудзи у нашій країні з невеликими коливаннями – від 2,2 до 2,7% у середині

десятиліття, з подальшим зростанням до 3,2% у 2018–2019 рр. і максимальним 3,5% у 2021 р., у якому було вироблено 42,110 млн тонн зерна кукурудзи, що майже в 12 разів більше, порівняно з 2001 р., що свідчить про сталість нарощування обсягів виробництва та збереження конкурентоспроможності української кукурудзи на міжнародному ринку.

В останні роки проявляється зниження обсягів виробництва зерна кукурудзи, що пов'язано, з військовими діями на території нашої країни, змінами ринкових умов, а також різкими коливаннями погодних умов, які суттєво впливають на сільськогосподарське виробництво в Україні.

Одним із головних чинників, що визначають обсяги виробництва зерна кукурудзи, є рівень урожайності, від якого залежить ефективність використання посівних площ, ресурсів та загальна продуктивність культури. Тому доцільно розглянути динаміку врожайності зерна кукурудзи в Україні та проаналізувати фактори, які на неї впливають.

Упродовж 2000–2023 рр. урожайність кукурудзи на зерно в Україні зазнала суттєвих змін і в цілому проявляла стійку тенденцію до зростання. На початку досліджуваного періоду (2000 р.) середня врожайність становила лише 3,01 т/га (рис. 5), що характеризувало переважно екстенсивний напрям виробництва, недостатнє застосування високопродуктивних гібридів, агротехнологічні порушення та слабе технічне забезпечення аграрного сектору.

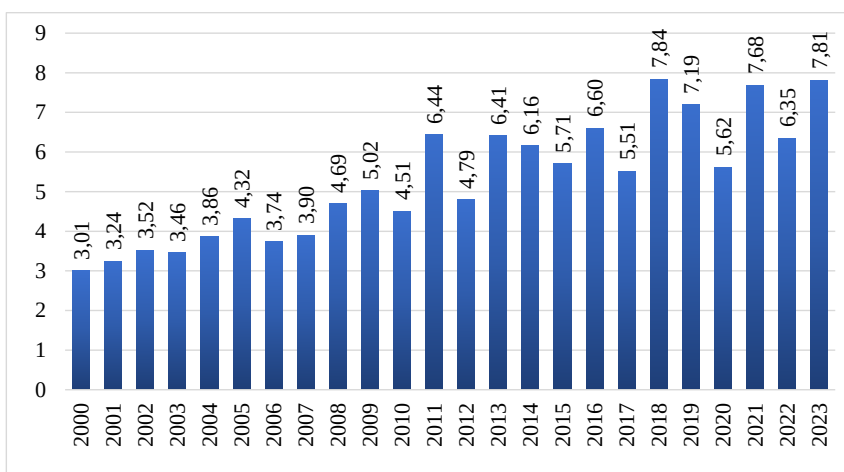


Рис. 5. Динаміка рівня врожайності зерна кукурудзи в Україні, т/га
(джерело: FAOSTAT, 2024)

У період 2000–2010 рр. спостерігали поступове зростання врожайності, яке можна пояснити активним впровадженням інтенсивних технологій вирощування, удосконаленням сорто-гібридного складу та оновленням матеріально-технічної бази господарств. Так, уже в 2005 р. врожайність досягла 4,32 т/га, а у 2009 р. перевищила 5 т/га. У 2010 р. вона знизилася до 4,51 т/га, що було пов'язано з несприятливими погодними умовами.

Справжнє досягнення відбулося у 2011 р., у якому середня врожайність зерна кукурудзи зросла до 6,44 т/га і в подальшому формувалася стабільно високою. У 2013, 2014 та 2016 рр. рівень урожайності перевищував 6 т/га, а у 2018 р.

досяг 7,84 т/га, що виявилось максимальним показником за весь досліджуваний період. Майже аналогічний рівень урожайності було отримано у 2021 (7,68 т/га) та 2023 роках (7,81 т/га), що свідчить про реалізацію високого генетичного потенціалу сучасних гібридів кукурудзи та вдосконалення елементів технологій її вирощування.

Водночас досить низький рівень урожайності в окремі роки (наприклад, у 2012 – 4,79 т/га, 2017 – 5,51 т/га, 2020 – 5,62 т/га) свідчить про чутливість кукурудзи до гідротермічного режиму, зокрема значної посушливості у критичні фази розвитку рослин. Незважаючи на це, загальна тенденція залишалася позитивною: середня врожайність за період 2000–2010 рр. становила близько 4,2 т/га, а за 2011–2023 рр. – перевищила 6,4 т/га, що свідчить про суттєве нарощування темпів ефективності виробництва. Загалом, за досліджуваний період в Україні відбулася трансформація виробництва зерна кукурудзи з екстенсивної до інтенсивної моделі, що забезпечило суттєве зростання рівня врожайності навіть за нестійких кліматичних умов.

Порівняльний аналіз з країнами-лідерами з виробництва зерна кукурудзи засвідчує, що рівень урожайності цієї культури в Україні є значно вищим, ніж в Індії, Бразилії та з 2010 р. Китаї (рис. 6). Проте Аргентина завжди випереджала нашу країну за даним показником, окрім останніх трьох років, а США серед країн-лідерів з виробництва традиційно утримують лідируючі позиції за врожайністю зерна кукурудзи, яка становила 8,94 т/га ще на початку 2000-х і досягла 11,04 т/га у 2021–2023 рр., що вдвічі вище від середньосвітового показника. Зазначений рівень урожайності в США є результатом комплексного впровадження сучасних технологічних заходів, інноваційної селекційної роботи, розвиненої матеріально-технічної бази та раціонального вологозабезпечення посівів.

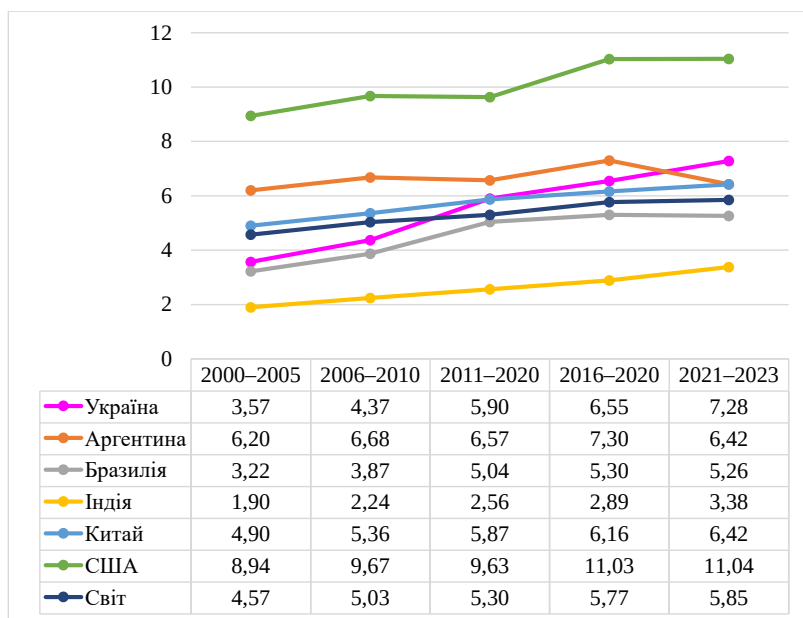


Рис. 6. Порівняльна діаграма рівня врожайності зерна кукурудзи в Україні, країнах-лідерах з виробництва та світі, т/га (джерело: FAOSTAT, 2024)

Україна за досліджуваний період показала найвищі темпи зростання врожайності зерна кукурудзи серед країн-лідерів з виробництва, що є свідченням покращення технологічного рівня галузі, незважаючи на серйозні прояви, пов'язані з повномасштабною війною, руйнуванням інфраструктури, порушенням логістики і мінливими умовами агровиробництва в зоні бойових дій. Це свідчить про значний адаптивний потенціал українського аграрного сектору та його високу ефективність навіть за критичних умов. Проте досягнення рівня США залишаються стратегічною метою, з огляду на їх стабільно високу результативність у виробництві зерна кукурудзи. Тому необхідність удосконалення технології вирощування цієї культури в Україні набуває все більшої актуальності. Рациональне використання потенціалу сучасних високопродуктивних гібридів передбачає впровадження комплексу науково обґрунтованих заходів, зокрема:

- адаптацію густоти стояння рослин з урахуванням гідротермічних умов конкретного регіону;
- оптимізацію мінерального живлення залежно від типу ґрунту та рівня його забезпеченості елементами живлення;
- проведення позакоренових підживлень мікроелементами у критичні фази росту й розвитку, що сприяє активізації фізіолого-біохімічних процесів у рослині;
- інтеграцію сучасних заходів технології, які забезпечують максимальну реалізацію генетичного потенціалу продуктивності культури тощо.

Запровадження зазначених агротехнічних заходів сприятиме підвищенню врожайності, стабільності виробництва зерна кукурудзи та зростанню економічної ефективності галузі, навіть за умов зовнішніх викликів і нестабільного середовища.

Висновки і пропозиції. Виробництво зерна кукурудзи в Україні та світі засвідчує позитивну динаміку, яка характеризується зростанням рівня врожайності, розширенням сфер використання та значенням цієї культури у забезпеченні продовольчої та енергетичної безпеки. В умовах воєнних дій, політичної нестабільності, логістичних труднощів та залежності від імпорту кукурудза набуває особливого значення як високоенергетична і технологічна культура. Збільшення обсягів її виробництва в Україні сприятиме підвищенню економічної ефективності аграрного сектору та зміцненню продовольчої та енергетичної безпеки держави.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Сидякіна О. В., Іванів О. О. Сучасний стан і перспективи виробництва зерна кукурудзи. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2023. № 130. С. 225–234. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2023.130.33>
2. Sydiakina O. V., Hamula Ye. A. Current range of corn hybrids in Ukraine: analysis and prospects. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2024. № 137. С. 205–213. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.137.26>
3. Гончарук І. В., Ємчик Т. В., Купчук І. М., Телекало Н. В., Гонтарук Я. В. Напрями вдосконалення вирощування та переробки кукурудзи на біопаливо. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2022. № 125. С. 25–32. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.125.4>
4. Паламарчук В. Д., Віннік О. В., Коваленко О. А. Вміст крохмалю у зерні кукурудзи та вихід біостанолу залежно від умов вегетації та факторів технології вирощування. *Аграрні інновації*. 2021. № 5. С. 143–156. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.5.23>

5. Kushnirenko O., Venger V., Valinkevych N., Hakhovych N., Bykonina O. Prospects for maize processing for the development of bioeconomy and decarbonisation in Ukraine. *Scientific Horizons*. 2024. Vol. 27 (7). P. 32–44. DOI: <https://doi.org/10.48077/scihor7.2024.32>
6. Crop monitoring in Europe: Ukraine. *Joint Research Centre (JRC) MARS Bulletin*. 2023. Vol. 31 (9). 50 p. URL: <https://mars.jrc.ec.europa.eu>
7. Діброва А., Діброва Л., Чміль А., Діброва М., Гузь М. Моделювання впливу вартості мінеральних добрив на результативність виробництва й експорту кукурудзи з України. *Agricultural and resource economics: international scientific e-journal*. 2022. Vol. 8 (3). P. 123–152.
8. Zakharchenko E., Datsko O., Mishchenko Y., Melnyk A., Kriuchko L., Rieznik S., Hotvianska A. Efficiency of biofertilizers when growing corn for grain. *Modern Phytomorphology*. 2023. Vol. 17 (2). P. 50–56. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.2023-17-200117>
9. Ратушний Б. В. Досвід США у застосуванні технологій точного землеробства в аграрному секторі. *Актуальні проблеми розвитку економіки регіону*. 2025. Вип. 21. Т. 2. С. 23–37. DOI: <https://doi.org/10.15330/apred.2.21.23-37>
10. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, 2022. URL: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>
11. Економічні системи в умовах глобальної нестійкості: шляхи оновлення і модернізації : монографія / за заг. ред. Н. В. Шандової. Херсон : Книжкове вид-во Вишемирський В. С., 2025. 335 с.
12. Процик І. С., Безе А. О. Світові тенденції розвитку ринку пшениці та кукурудзи і визначення місця України на ньому. *Менеджмент та підприємництво в Україні: етапи становлення та проблеми розвитку*. 2022. № 2 (8). С. 414–426.
13. Official site of Food and Agriculture Organization of the United Nations : veb-sayt. URL: <https://www.fao.org/home/en>

УДК 632.7:[591.3:591.9]

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.144.23>

АЛГОРИТМИ ПРОГНОЗУВАННЯ І МЕЖІ ПЕРЕДБАЧУВАНOSTІ МАСОВИХ РОЗМНОЖЕНЬ ШКІДЛИВИХ КОМАХ ЗГІДНО МЕТОДОЛОГІЇ НЕЛІНІЙНОЇ ДИНАМІКИ

Станкевич С.В. – к.с.-г.н.,

доцент кафедри зоології, ентомології, фітопатології, інтегрованого захисту
і карантину рослин імені Б.М. Литвинова,
Державний біотехнологічний університет
orcid.org/0000-0002-8300-2591

Забродіна І.В. – к.с.-г.н.,

доцент кафедри зоології, ентомології, фітопатології, інтегрованого захисту
і карантину рослин імені Б.М. Литвинова,
Державний біотехнологічний університет
orcid.org/0000-0001-8122-9250

Жукова Л.В. – к.с.-г.н.,

доцент кафедри зоології, ентомології, фітопатології, інтегрованого захисту
і карантину рослин імені Б.М. Литвинова,
Державний біотехнологічний університет
orcid.org/0000-0003-1549-8019

Меленті В.О. – PhD,

старший викладач кафедри зоології, ентомології, фітопатології,
інтегрованого захисту і карантину рослин імені Б.М. Литвинова,
Державний біотехнологічний університет
orcid.org/0000-0003-4196-5274

Кошеляєва Я.В. – к.с.-г.н.,

викладач кафедри зоології, ентомології, фітопатології, інтегрованого захисту
і карантину рослин імені Б.М. Литвинова,
Державний біотехнологічний університет
orcid.org/0000-0002-5164-3204

Відповідно до класичної (лінійної) методології динаміка популяцій – це зміни їхньої чисельності та популяційної структури (організації) у просторі та часі, залежно від абіотичних та біотичних чинників, при цьому зміни можна передбачати як у перспективі, так і ретроспективі. Таким є механізм прогнозування у захисті рослин під час розробки річних та багаторічних прогнозів в Україні. Шляхом виконання теоретичного синтезу інформації про закономірності популяційної динаміки деяких комах-шкідників сільськогосподарських рослин на підставі минулого та сьогодення авторами проведено аналіз багаторічної динаміки чисельності популяцій комах та зроблено спробу розробити алгоритми прогнозування сезонних та річних змін чисельності комах. Для цього використано сценарний метод прогнозування та прийняття рішень у захисті рослин. Таким чином, використовувати як предиктор розробки багаторічних і річних фітосанітарних прогнозів температуру повітря та показники опадів за вегетаційний період не рекомендується. При цьому бачатьма дослідниками показано, що при прогнозуванні (передбаченні) необхідно переходити до методів статистики об'єктів нечислової природи, яка інтенсивно розвивається останнім часом. У нашому випадку – це хроніка масових розмножень шкідливих комах. У фітосанітарній прогностиці такий підхід з урахуванням локалізації режимів загострення у просторі й часі дозволяє розробляти багаторічні якісні прогнози початку чергових масових розмножень шкідливих комах із випередженням до 5 років. Як предиктор використовують роки різких змін сонячної активності. Відповідно до синергетичних

уявлень, остання перестас бути цілком випадковим процесом. Цей процес модулюється 22-річною циклічністю магнітного поля та 11-річною повторюваністю чисел Вольфа (W). Враховуючи, що числа Вольфа визначають досить грубо, можна розраховувати трохи більше одного циклу. Для якісного прогнозу, що відповідає на актуальне питання коли і де слід очікувати початок чергового масового розмноження того чи іншого виду шкідливої комахи цього цілком достатньо.

Ключові слова: комахи, шкідники, динаміка популяцій, масові розмноження, хроніка, циклічність, прогноз, біфуркації, синергетика.

Stankevych S.V., Zabrodina I.V., Zhukova L.V., Melenti V.O., Koshelyeva Ya.V. Prognostication algorithms and predictability ranges of mass reproduction of harmful insects according to the method of nonlinear dynamics

According to the classical (linear) methodology, population dynamics are changes in their number and population structure (organization) in space and time, depending on abiotic and biotic factors, while changes can be predicted both in the future and in the past. This is the mechanism of forecasting in plant protection during the development of annual and multi-year forecasts in Ukraine. By performing a theoretical synthesis of information on the patterns of population dynamics of some insect pests of agricultural plants based on the past and present, the authors analyzed the multi-year dynamics of insect populations and attempted to develop algorithms for predicting seasonal and annual changes in insect numbers. For this purpose, a scenario method of forecasting and decision-making in plant protection was used. Thus, it is not recommended to use air temperature and precipitation rates for the growing season as a predictor for the development of multi-year and annual phytosanitary forecasts. At the same time, many researchers have shown that when forecasting (forecasting), it is necessary to switch to methods of statistics of objects of non-numerical nature, which has been intensively developing recently. In our case, this is the chronicle of mass reproduction of harmful insects. In phytosanitary forecasting, such an approach, taking into account the localization of exacerbation regimes in space and time, allows developing multi-year qualitative forecasts of the beginning of the next mass reproduction of harmful insects with an advance of up to 5 years. Years of sharp changes in solar activity are used as a predictor. According to synergetic ideas, the latter ceases to be a completely random process. This process is modulated by the 22-year cyclicity of the magnetic field and the 11-year repeatability of the Wolf numbers (W). Considering that the Wolf numbers are determined quite roughly, it is possible to calculate a little more than one cycle. This is quite enough for a high-quality forecast that answers the urgent question of when and where to expect the beginning of the next mass reproduction of a particular species of harmful insect.

Key words: insects, pests, population dynamics, mass reproduction, chronicle, cyclicity, forecast, bifurcations, synergism.

Відповідно до класичної (лінійної) методології динаміка популяцій – це зміни їхньої чисельності та популяційної структури (організації) у просторі та часі, залежно від абіотичних та біотичних чинників. При цьому зміни можна передбачати як у перспективі, так і ретроспективі. Так, принаймні, орієнтоване прогнозування захисту рослин під час розробки річних та багаторічних прогнозів в Україні. А якщо прогнози не виправдовуються або спалахи масових розмножень деяких широко поширених видів шкідливих комах виникають несподівано, то починається пошук можливих причин. Методологія вирішення «завдань на загострення» з нетрадиційного погляду розглядає ряд класичних завдань не тільки метеорології (катастрофічні явища в атмосфері Землі – жорстокі посухи!), а й екології. При цьому вплив малих збурень різне, залежно не тільки від ряду чинників, але і від стадії розвитку процесу (масового розмноження), і від місця розташування, чи потрапляє воно в центр популяційної локалізації або на її периферію. Масове збурення взагалі може не відігравати жодної ролі і повністю «забувається», якщо на квазістаціонарній стадії воно потрапило на периферію структури (периферію ареалу географічної чи локальної популяції).

Матеріали та методи. Шляхом виконання теоретичного синтезу інформації про закономірності популяційної динаміки деяких комах-шкідників сільсько-господарських рослин на підставі минулого та сьогодення проведено аналіз

багаторічної динаміки чисельності популяцій комах та зроблено спробу розробити алгоритми прогнозування сезонних та річних змін чисельності комах. Для цього використано сценарний метод прогнозування та прийняття рішень у захисті рослин [1–42].

Результати досліджень. Совка озима – *Scotia (Agrotis) segetum* (Denis & Schiffermüller, 1775). Масові розмноження цього шкідника були зафіксовані в Україні 20 разів: у 1813–1819, 1823–1825, 1836–1842, 1846–1850, 1855–1856, 1867–1868, 1880–1881, 1892–1896, 1899–1900, 1907–1909, 1915–1919, 1923–1925, 1934–1941, 1946–1950, 1955–1957, 1964–1968, 1971–1973, 1981–1984, 1997–1998 і 2007–2008 рр. Середній період між початком чергових масових розмножень – 9 років. 19 масових розмножень (95 %) совки озимої точно співпадали з роками різких змін сонячної активності і лише 1 (5 %) у 1846–1850 рр. було через рік після них. Передостаннє масове розмноження цього шкідника було у 2007–2008 рр. Максимум чисельності спостерігався у 2007 р. (рік жорсткої посухи) до 2007 р. +9 років (середні дослідження) і виходить, що чергові масові розмноження слід було очікувати у 2016–2017 роках. (тобто 2016 + 1 рік), а найімовірніше з 2018 р. Так і відбулося 21 масове розмноження, яке тривало до 2020 р.

У липні–серпні 2017 р. спостерігалася найжорстокіша посуха у Європі. Згідно з фундаментальною закономірністю нерівноважної термодинаміки та синергетики, режими із загостренням, можуть проявитися після посухи – тим більше в минулому вже було масове розмноження совки озимої в 1918 р. Воно фіксувалося не лише в Україні, а й в Англії, Африці, Болгарії, Угорщині, Німеччині, Єгипті, Росії та Чехословаччині (блукання масових розмножень в ареалі).

Метелик лучний – *Margaritia sticticalis* (Linnaeus, 1761). Його масові розмноження мали місце 12 разів у 1855, 1869, 1880, 1901, 1912–1913, 1920–1921, 1929–1932, 1935–1936, 1956, 1975, 1986–1988 і 2011–2013 рр. Середній період між початком чергових масових розмножень – 13 років. З 12 масових розмножень 11 (92 %) починалися точно в роки різких змін сонячної активності і лише одне (1869 р.) було через один рік. Останнє масове розмноження метелика лучного в Україні було у 2011–2013 рр., найбільше – у 2013 р., а отже наступне масове розмноження слід очікувати через 13 років – починаючи з 2026 р.

Не виключено, що найжорстокіша Засуха 2017 може викликати резонансне збудження на нелінійну динаміку метелика лугового і масове розмноження його почнеться з 2018 року (імовірно). (Білецький, 2011; Білецький, Станкевич, 2018).

Жужелиця хлібна мала – *Zabrus tenebrioides* (Geozze, 1777). Масові розмноження цього шкідника були задокументовані 13 разів у 1860–1864, 1880–1881, 1903–1905, 1923–1925, 1937–1941, 1947–1948, 1951–1953, 1957–1959, 1961–1963, 1966–1967, 1979–1982, 1991–1993, 2003–2007 рр. Середній період між початком чергових розмножень – 11 років. Із 13 масових розмножень 12 (92 %) точно починалися в роки різких змін сонячної активності і одне (1863) було через рік. Останнє масове розмноження жужелиці хлібної малої в Україні було у 2003–2007 роках. максимум – у 2007 р., отже початок чергового, ймовірно, очікувалося через 11 років – з 2018 р. Так і відбулося 14 масове розмноження, яке тривало до 2020 р.

Жуки хлібні – *Anisoplia sp.* (Dejean, 1821). Масові розмноження їх мали місце в степовій та лісостеповій зоні України 17 разів у 1841–1842, 1845–1846, 1856–1857, 1860–1861, 1868–1869, 1879–1880, 1886–1887, 1896–1903, 1906–1910, 1915–1917, 1924–1925, 1936–1939, 1956–1957, 1962–1964, 1966–1969, 1980–1984, 1996–2007 рр. Середній період – 10 років. 82 % масових розмножень починалися точно в роки різких змін сонячної активності та 18 % – через один рік. До

максимуму їх чисельності у 2007 р.+10 років + 1 рік – наступні масові розмноження цих шкідників слід було очікувати з 2018 р. Так і відбулося 18 масове розмноження, яке тривало до 2020 р.

Клоп-черепашка шкідлива – *Eurygaster integriceps* (Puton, 1881). За 118 років (1890–2008) в Україні було відмічено 11 масових розмножень цього шкідника із середнім періодом між ним 11 років. 1890–1896, 1901–1902, 1909–1912, 1925–1926, 1937–1941, 1950–1956, 1967–1968, 1972–1973, у 1980–1984, 1992–1995, 2008–2009 рр. З них 8 (73 %) були у роки різкої зміни сонячної активності та 3 (27%) через один рік після них. Останнє масове розмноження шкідливої черепашки було у 2008–2009 рр. Із максимумом чисельності у 2009 р. Через 11–12 років (у 2020–2021 рр.) слід очікувати на початок чергового масового розмноження хлібних клопів. Так і відбулося 12 масове розмноження, яке тривало до 2023 р.

Довгоносик буряковий звичайний – *Asproparthenis punctiventris* (Germar, 1824). Його масове розмноження в зоні бурякосіяння України мали місце 18 разів у такі роки: 1851–1855, 1868–1869, 1875–1877, 1880–1881, 1891–1893, 1896–1897, 1904–1906, 1911–1912, 1920–1922, 1928–1930, 1936–1940, 1947–1949, 1952–1957, 1963–1964, 1973–1976, 1986–1988, 1998–2000, 2010–2012 рр. Середній період – 9 років. З 18 масових розмножень 16 (90 %) починалися точно у роки різких змін сонячної активності і лише 2 (10 %) – через рік. Останнє масове розмноження було у 2010–2012 роках. з максимумом чисельності у 2010 р. Отже, початок чергового масового розмноження слід було очікувати починаючи з 2019 р. Так і відбулося 19 масове розмноження, яке тривало до 2021 р.

Ці прогнози було розроблено нами для географічних популяцій всієї України загалом. Однак генетики та екологи установили, що географічні популяції складаються з локальних, а прогноз на рівні географічних нерідко не підтверджується. Враховуючи останнє, ми виконали аналіз багаторічної динаміки чисельності географічної популяції черепашки шкідливої у південних, східних та центральних областях України та виділили локальні популяції цього шкідника. Згідно з нашими дослідженнями, останні зосереджені в колишніх Барвінківському, Куп'янському, Лозівському та Харківському районах Харківської області; Біловодському, Білокуракінському, Сватівському та Старобільському районах Луганської області; Бахмутському, Володарському, Волноваському районах Донецької області; Доменському, Знам'янському, Маловисківському районах Кіровоградської області; Домашівському, Овідіопольському, Ренійському, Татарбунаському районах Одеської області; Васильківському, Криворізькому, П'ятихатському, Софіївському, Солов'янському районах Дніпропетровської області; Баштанському, Братському, Вознесенському, Володимирському районах Миколаївської області; Якимівському, Мелітопольському, Михайлівському та Приморському районах Запорізької області; Високопільському та Чаплинському районах Херсонської області; у Червоногвардійському, Старокримському та Феодосійському районах Автономної Республіки Крим.

Для аналізу багаторічної динаміки локальних популяцій клопа-черепашки шкідливої нами використано в якості показника коефіцієнти розмножень, маса самців і самок, співвідношення статей, статевий індекс, відсоток у популяції чорних особин (табл. 1).

З даних табл. 1 слідує, що коефіцієнт розмноження куп'янської популяції клопа-черепашки шкідливої значно варіював і збільшувався від 0,3 до 34 або збільшувався і знижувався, відповідно, у 113 разів. Маса самців змінювалася від 94 до 128 мг або в 1,4 раза; а самиць – від 101 до 160 мг чи 1,6 раза. Показовими були зміни статевого індексу. В окремі роки кількість самців, в порівнянні з кількістю самиць, збільшувалася в 1,3–3,5 раза, особливо в роки масових розмножень

клопа-черепашки шкідливої куп'янської локальної популяції: 1970, 1984–1985, 1987–1988, 1990–1993 рр., а у 1996 г. відповідно в 3,6 раза. Збільшення кількості самців у локальній популяції можна пояснити тим, що у 1993–1995 рр. намітилася депресія у розмноженні цієї локальної популяції, причому коефіцієнт розмноження у ці роки знизився з 4-х (1993 р.) до 0,3 (1995 р.). У відповідь ріст чисельності 1996 р. різко зросла частка самців у популяції – до 78 %. Це підтверджує теорію Г.О. Вікторова, згідно з якою регулювання чисельності комах – це автоматичний кібернетичний процес за участю зворотного негативного зв'язку, як механізму.

Таблиця 1

Зміна структури та чисельності локальної популяції клопа-черепашки шкідливої у 1969–2001 рр.

Роки	Коефіцієнт розмноження	Маса, мг		Співвідношення у %		Статевий індекс	Частка меланістів, %
		самців	самиць	самців	самиць		
1969	8	107	115	55	45	1,2	4,0
1970	12	116	122	60	40	1,5	5,0
1971	7	124	130	51	49	1,0	3,0
1972	6	123	126	47	53	0,9	4,0
1973	7	110	119	37	63	0,6	6,0
1974	2	119	124	52	47	1,1	1,0
1975	2	119	124	53	47	1,1	0,8
1976	2	118	123	52	48	1,1	0,5
1977	1	дані відсутні		50	50	1,0	-
1978	1	дані відсутні		50	50	1,0	-
1979	2	дані відсутні		50	50	1,0	-
1980	2	121	126	50	50	1,0	-
1981	3	124	129	52	48	1,1	1,0
1982	12	128	160	53	47	1,0	3,0
1983	10	117	121	43	57	0,7	3,0
1984	25	120	132	57	43	1,3	12,0
1985	34	101	123	61	39	1,5	10,0
1986	4	120	126	50	50	1,0	5,0
1987	20	125	135	64	36	1,8	2,0
1988	5	127	136	61	39	1,6	105
1989	10	116	127	50	50	1,0	1,4
1990	10	120	122	67	33	2,0	2,2
1991	5	128	134	69	31	2,2	3,0
1992	10	108	122	72	28	2,6	10,0
1993	4	125	134	70	30	2,3	4,0
1994	1,0	97	123	60	40	1,5	1,0
1995	0,3	122	129	50	50	1,0	0,3
1996	4,0	98	136	78	22	3,5	4,0
1997	0,8	94	101	61	39	1,5	0,8
1998	5,0	101	112	60	40	1,5	1,0
1999	0,7	97	105	44	56	0,8	0,5
2000	13,0	105	115	70	30	2,3	3,0
2001	2,0	133	138	50	50	1,0	0,8

Примітка: статевий індекс більше одиниці – у популяції домінують самці, менше – самиці.

Нині встановлено зв'язок статевого складу популяції з її чисельністю. При цьому екологи розглядають динаміку статевого складу популяції, як один із адаптивних механізмів регуляції чисельності. Крім того, є дані, які показують, що протягом популяційних циклів тварин змінюється не тільки чисельність, а й вікова та генетична структура, фізіологічні властивості особин та інші популяційні показники.

Зміни екологічної структури ізюмської локальної популяції клопа-черепашки шкідливої наведено у табл. 2. Як бачимо їй також характерні циклічні зміни екологічної структури (організації). Її раптове масове розмноження відзначив ще М.М. Соколов – один із засновників учення про клопа-черепашку шкідливу, який у 1901 р. писав: «У середній росії черепашка з'явилася спочатку в Харківській губернії, за середньою течією Дінця, саме в Ізюмському повіті. Після цього вона перейшла в Куп'янський і Старобільський повіти тієї ж губернії, так само як і Бахмутський повіт Катеринославської губернії».

Таблиця 2

**Зміна екологічної структури ізюмської локальної популяції
клопа-черепашки шкідливої у 1987–2001 рр.**

Роки	Щільність популяції, екз./1 м ²		Коефіцієнт розмноження	Маса, мг		Співвідно- шення у %		Статевий індекс
	клопів, що перезимували	личинок нової генерації		самців	самиць	самців	самиць	
1987	1,0	2,7	2,7	123	130	42	58	0,7
1988	0,5	3,9	7,8	117	120	56	44	1,3
1989	0,5	2,5	5,0	116	123	48	52	0,9
1990	0,2	0,5	2,5	114	126	48	52	0,9
1991	0,2	0,5	2,5	119	132	45	55	0,8
1992	0,3	1,8	6,0	122	135	45	50	1,0
1993	0,2	2,0	10,0	119	130	50	50	1,0
1994	0,2	1,8	9,0	120	125	50	50	1,0
1995	0,3	1,7	6,0	135	140	50	50	1,0
1996	0,2	2,0	10,0	128	131	40	60	0,7
1997	0,3	6,0	20,0	110	120	50	50	1,0
1998	0,8	1,0	1,0	121	139	39	61	0,6
1999	4,0	5,0	1,0	105	109	45	55	0,9
2000	0,8	1,0	1,0	105	112	48	52	0,9
2001	2,1	5,2	2,5	111	118	45	55	0,9

Аналіз динаміки ізюмської та куп'янської локальних популяцій клопа-черепашки шкідливої дозволили нам відзначити неспівпадіння масових розмножень у часі, а також блукання осередків у ізюмській локальній популяції, як одну з властивостей нелінійних динамічних систем.

Наприклад, у 1993 р. з кінця травня до середини липня спостерігалася похмура погода з високою вологістю повітря та повною відсутністю сонячного сяйва. Незважаючи на несприятливі погодні умови, всі райони Харківської області відмітили початок чергового наростання чисельності клопа-черепашки шкідливої.

Роком початку чергового масового розмноження черепашки шкідливої у Харківській області був 1997 р., коли у степовому Лозівському та лісостеповому

Харківському районах коефіцієнт розмноження цього шкідника досяг відповідно 17 та 16 (табл. 3).

У 1998 р. для розмноження клопа-черепашки шкідливої у Харківській області склалися сприятливі погодні умови, особливо у весняно-літній період (найжорсткіша посуха). Проте, коефіцієнт розмноження цього шкідника загалом по області становив 1,8 (1997 р. – 3,9). У Лозівському районі він був майже 4,0, у Харківському 1,2, а в Ізюмському районі – одному з найстаріших первинних осередків масового розмноження клопа-черепашки шкідливої досягав лише 1,0, тобто масове розмноження завершилося.

Таблиця 3

**Динаміка чисельності клопа-черепашки шкідливої
в деяких районах Харківської обл. у 1997 р.**

Район	Коефіцієнт розмноження	Співвідношення у %		Статевий індекс
		самців	самиць	
Барвінківський	1,3	70	30	2,3
Богодухівський	2,2	44	56	0,8
Вовчанський	4,0	52	48	1,08
Зміївський	2,0	45	55	0,8
Ізюмський	20,0	42	58	0,8
Красноградський	2,0	50	50	1,0
Куп'янський	0,8	61	39	1,6
Лозівський	17,0	65	35	1,8
Першотравневий	3,8	33	67	0,5
Харківський	16,0	74	26	2,8

Методологія вирішення «завдань на загострення» з нетрадиційного погляду розглядає ряд класичних завдань не лише метеорології (катастрофічні явища у атмосфері Землі – жорстокі посухи!), а й екології. При цьому вплив малих збурень різний, залежно не тільки від ряду чинників, але і стадії розвитку процесу (масового розмноження), і від місця розташування, чи потрапляє воно в центр популяційної локалізації або на її периферію. Масове збурення взагалі може не відігравати жодної ролі і повністю «забувається», якщо на квазістаціонарній стадії воно потрапило на периферію структури (периферію ареалу географічної чи локальної популяції). Так початок чергового масового розмноження черепашки шкідливої у 1997 р. (на периферії ареалу харківської географічної популяції (Харківський район). В ареалі області це масове розмноження завершилося вже в 1999 році. Але якщо чисельність популяції зросла настільки, що перевищила поріг повільного зростання (в період депресії), то її ріст відбувається надшвидко в режимі загострення. В такому випадку передбачуваність початку чергового масового розмноження практично неможлива. Це пояснюється тим, що нелінійність динаміки популяцій – це можливість несподіваних змін напрямів таких процесів. А їхня нелінійність робить принципово ненадійними і недостатніми досить поширені прогнози-екстраполяції від наявного.

Відповідно до класичної (лінійної) методології динаміка популяцій – це зміни їхньої чисельності та популяційної структури (організації) у просторі та часі, залежно від абіотичних та біотичних чинників. При цьому зміни можна передбачати як у перспективі, так і у ретроспективі. Так, принаймні, орієнтоване

прогнозування захисту рослин під час розробки річних та багаторічних прогнозів в Україні. А якщо прогнози не виправдовуються або спалахи масових розмножень деяких широко поширених видів шкідливих комах виникають несподівано, то починається пошук можливих причин.

Так було після глобальних масових розмножень метелика лучного (*Margaritia sticticalis* (Linnaeus, 1761)) у 1975 та 1986–1988 рр. і передостаннього масового розмноження цього шкідника в Україні у 2011–2013 рр. Аналізуючи це, українські екологи стверджували, що незважаючи на успіхи, досягнуті в процесі досліджень динаміки популяцій, обґрунтування закономірностей періодичних розмножень метелика лучного та синхронності з циклами сонячної активності, цей шкідник завжди з'являється «несподівано» і «раптово», саме тоді, коли на нього не очікують.

В результаті системного синтезу існуючих концептуальних уявлень про закономірності популяційної динаміки комах та методи прогнозування у захисті рослин ми дійшли наступних методологічних висновків:

- існуючі концепції про закономірності динаміки популяцій комах та методи прогнозування у захисті рослин застаріли і не відповідають сучасним уявленням нерівноважної термодинаміки та синергетики (нелінійної динаміки);

- з них випливає, що динаміка популяцій комах є нелінійною та хаотичною, при цьому її провідним механізмом слід вважати позитивний нелінійний зворотний зв'язок;

- «основні» чинники лінійної динаміки – температура та опади – через наявність дивних атракторів не прогнозуються достовірно на строк до 2-х тижнів, тим більше на наступний рік чи сезон;

- для популяційної динаміки комах властиві режими із загостренням, які виникають спонтанно у будь-якій частині їхнього видового ареалу і «блукання» в межах останнього;

- прогнозування методами екстраполяції від наявної фітосанітарної обстановки не дає бажаних результатів, адже такі прогнози практично не виправдовуються);

- нове з'являється у нелінійних системах у результаті біфуркацій як раптове, непередбачене та непередбачуване;

- зовнішнє середовище в умовах якого відбуваються процеси популяційної мінливості містить дискретні (такі, що перериваються) структури – атрактори, при цьому навіть незначні флуктуації (температури, опадів, посухи, різкі зміни сонячної радіації, тривалості сонячного сйва, сонячної активності, введення нових прийомів агротехніки, застосування пестицидів і т.д.) в результаті резонансних взаємодій можуть викликати надшвидке нелінійне зростання чисельності комах;

- для розробки алгоритмів прогнозування початку чергових масових розмножень шкідливих комах слід використовувати якісну інформацію. Цій вимозі відповідає хроніка масових розмножень за багаторічний історичний період, а як предиктор (критерій) роки різких змін сонячної активності;

- коли популяційна динаміка у процесі еволюції досягає точки біфуркації, її практично неможливо описати (формалізувати) на лінійному рівні. Система перебуває у стані детермінованого хаосу, з якого в процесі самоорганізації формується нова структура. У цьому стані система стає дуже чутливою до стресових чинників, тому майбутня її траєкторія стає стохастичною і практично непрогнозованою;

- перебудова структури (організація) починається у всій популяції в зоні локалізації. Залежно від стану початкової зони локалізації, яка вище або нижче за пороговий рівень, масове розмноження може припинитися або поширитися на всю систему;

– це становище добре ілюструє основні проблеми прогнозування масових розмножень шкідливих комах. Коли населення наближається до точки біфуркації (спалаху масового розмноження), надійний прогноз часу та місця практично неможливі. При цьому спалах масового розмноження може статися, але не в Україні, а в інших регіонах, що входять до ареалу конкретного виду шкідливої комах;

– теоретично надійний прогноз можливий, коли популяції шкідника перебувають у відносно стабільному стані чи в депресії;

– з урахуванням цього положення було достовірно передбачено чергові масові розмноження метелика лугового на території України з випередженням 4–7 років.

У 2011 р. режими із загостренням або виникнення локальних осередків з високою щільністю гусениць метелика лучного виникли у південних, східних та місцями у центральних областях України. У 2012 р. тривало наростання чисельності цього шкідника також у північних областях, винищувальні заходи проти гусениць було проведено на площі 460 тис. га. У 2013 р. площа, заселення шкідником у 2,7 раза перевищила площу 2012 р., а винищувальні заходи було проведено на площі 1,222 млн га. Станом на 2014 р. було заплановано обробити до 3 млн га, а по факту оброблено лише 93 тис. га. Отже, 2013 р. був фактично останнім роком чергового масового розмноження метелика лучного в Україні.

Слід відмітити, що останній спалах масового розмноження також в Забайкальському краї, а потім у Сибірському федеральному окрузі тривав також 3 роки (2008–2010 рр.), де спочатку щільність гусениць, що зимують, була у середньому 8 екз./м². У першій половині 2010 р. масове розмноження метелика було зареєстровано в Алтайському краї, Новосибірській та Челябінській областях, у республіках Хакасії та Татарстані. Особливо показовим було масове розмноження метелика лучного у Воронежській області у першій половині 2010 р. Незважаючи на жорстоку посуху під час масового льоту і відкладання яєць самицями, вони мали добре розвинене жирове тіло та зрілу яйцепродукцію. Це суперечить думці переважної більшості екологів, про те, що в період масового льоту і відкладання яєць метеликами цього шкідника відсутність опадів і низька відносна вологість повітря є основною причиною безпліддя комах.

Всупереч думці більшості дослідників, температура повітря та опади не є «основними чинниками» динаміки популяцій комах. Оригінальні дослідження у зв'язку з цим були проведені в центральному Лісостепу України доктором с.-г. наук з Інституту захисту рослин ННАН О.О. Стригуном на прикладі звичайного бурякового довгоносика. За період 1970–2001 рр. чисельність останнього варіювала від 1 до 11 екз./м² у весняний період та від 1,4 до 16,3 екз./м² – в осінній. За цей період автор виділив роки значних спалахів чисельності цього шкідника, а саме, 1974–1977, 1985–1987, 1994–1995 та 2001 рр. Проаналізувавши показники сум ефективних температур та гідротермічних коефіцієнтів за зазначений період, він дійшов висновку, що метеорологічні умови протягом вегетації та зимуючого періоду зовсім не дають пояснення багаторічної зміни чисельності популяції шкідника.

Таким чином, використовувати як предиктор розробки багаторічних і річних фітосанітарних прогнозів температуру повітря та показники опадів за вегетаційний період не рекомендується. При цьому багатьма дослідниками показано, що при прогнозуванні (передбаченні) необхідно переходити до методів статистики об'єктів нечислової природи, яка інтенсивно розвивається останнім часом. У нашому випадку – це хроніка масових розмножень шкідливих комах. Зазначене уявлення було вперше обґрунтовано ще Германом Хакеном, як принцип циклічної причинності методу параметрами порядку та хаосу.

У фітосанітарній прогностиці такий підхід з урахуванням локалізації режимів загострення у просторі й часі дозволяє розробляти багаторічні якісні прогнози початку чергових масових розмножень шкідливих комах із випередженням до 5 років. Як предиктор використовують роки різких змін сонячної активності. Відповідно до синергетичних уявлень, остання перестає бути цілком випадковим процесом. Цей процес модулюється 22-річною циклічністю магнітного поля та 11-річною повторюваністю чисел Вольфа (W). При цьому динамічна система, що визначає сонячну активність («сонячну погоду» за О. Чижевським) містить дивний атрактор, а, отже, має чутливість до початкових умов. Враховуючи, що числа Вольфа визначають досить грубо, можна розраховувати трохи більше одного циклу. Для якісного прогнозу, що відповідає на актуальне питання коли і де слід очікувати початок чергового масового розмноження того чи іншого виду шкідливої комахи цього цілком достатньо.

Висновки

1. Всупереч думці більшості дослідників, температура повітря та опади не є «основними чинниками» динаміки популяцій комах. Разом із тим багатьма дослідниками показано, що під час прогнозування (передбачення) необхідно переходити до методів статистики об'єктів нечислової природи, що інтенсивно розвивається останнім часом. У нашому випадку – це хроніка масових розмножень шкідливих комах.

2. У зв'язку з цим рекомендується сценарний метод прогнозування та прийняття рішень щодо захисту рослин. Цей підхід, заснований на методології нелінійної динаміки (синергетичної парадигми) та дає можливість завчасно визначити осередки виникнення режимів із загостренням та приймати оптимальні рішення у захисті рослин. А прогнозний сценарій буде не передбаченням майбутнього, а елементами властивого природі еволюційного процесу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Білецький Є.М., Туренко В.П. Методологія прогнозу. *Захист рослин*. 2002. № 7. С. 2–4.
2. Білецька Н.Є. Закономірності і прогноз масового розмноження локальних популяцій шкідливої черепашки. *Захист рослин*. 2003. № 1. С. 6–8.
3. Білецький Є.М. Закономірності прогнозу масового розмноження лучного метелика. *Карантин і захист рослин*. 2004. № 9. С. 11–13.
4. Білецький Є.М. Теорія і технологія багаторічного прогнозу. *Інтегрований захист рослин на початку XXI століття: матер. Міжнар. наук.-практ. конф.* Київ: Аспект-Поліграф, 2004. С. 29–36.
5. Білецький Є. Теорія і технологія багаторічного прогнозу в захисті рослин. *Науковий вісник АНВШУ*. Київ, 2005. № 3 (29). С. 57–70.
6. Білецький Є.М. Харківські екологи – засновники фітосанітарного прогнозування. *Вісник ХНАУ. Серія «Фітопатологія та ентомологія»*. 2013. № 10. С. 33–45.
7. Білецький Є.М., Малюкіна Д.І. Про екологічний та фітосанітарний стан агроценозів в Україні. *Економіка АПК: міжнародний науково-виробничий журнал*. 2015. № 11. С. 30–35.
8. Білецький Є.М., Станкевич С.В. Нелінійна динаміка популяцій комах. Режимі із загостренням і можливість прогнозування. *Міжнародна науково-практична конференція, присвячена 85-річчю факультету захисту рослин (1932–2017) Харківського національного аграрного університету ім. В. В. Докучаєва «Фундаментальні і прикладні проблеми сучасної екології та захисту рослин»*. 14–15 вересня 2017 р. Харків: ХНАУ, 2017. С. 16–18.

9. Білецький Є.М., Станкевич С.В. Теорія циклічності динаміки популяцій комах. *Перші Сазановські читання: матер. Всеукр. наук.-практич. Конф., присвячений 100-річчю заснування Полтавської державної аграрної академії, м. Полтава, 27 листопада 2020 р.* Полтава: ПДАА, 2020. С. 115–119.
10. Довгань С.В. Моделі прогнозу розвитку та розмноження фітофагів: монографія. Херсон: Айлант, 2009. 208 с.
11. Кравченко В.П., Чайка В.М. Стан популяції лугового метелика в Україні. *Захист і карантин рослин: міжвід. темат. наук. зб.* 2002. Вип. 48. С. 17–25.
12. Станкевич С.В. Динаміка чисельності популяцій комах як елементарний фактор мікроеволюції. *Наукове мислення: Збірник статей учасників вісімнадцятої всеукраїнської практично-пізнавальної інтернет-конференції «Наукова думка сучасності і майбутнього». 28 лютого по 11 березня 2018р.* Дніпро: Видавництво НМ., 2018. С. 35–37.
13. Станкевич С.В. Нелінійність масових розмножень комах як аналоги режимів із загостренням і можливий механізм їхньої катастрофічної чисельності з позиції синергетики. *The international research and practical conference "The development of nature sciences: problems and solutions". Proceedings of the Conference Flora i Vegetation, Zoology, Medico-biological research. April 27-28, 2018. Czech Republic, Brno*, 2018. С. 115–119.
14. Станкевич С.В., Забродіна І.А. Моніторинг шкідників сільськогосподарських культур. Харків: Бровін О.В., 2016. 216 с.
15. Станкевич С.В. Управління чисельністю комах-фітофагів. Харків: ФОП Бровін О.В., 2015. 178 с.
16. Станкевич С.В., Забродіна І.В., Немерицька Л.В. Популяційні цикли комах (у просторі та часі). *Таврійський науковий вісник*. 2022. №127. С. 3–19. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.127.19>
17. Станкевич С.В., Немерицька Л.В., Журавська І.А. Просторово-часова синхронізація масових розмножень комах. *Таврійський науковий вісник*. 2022. №128. С. 210–220. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.128.29>
18. Стригун О.О. Вплив метеорологічних умов на багаторічну динаміку чисельності звичайного бурякового довгоносик. *Захист і карантин рослин: міжвід. темат. наук. зб.* 2002. Вип. 48. С.128–139.
19. Трибель С., Стригун О. Увага – небезпека! Спалах масового розмноження лучного метелика. *Пропозиція*. 2012. № 7. С. 76–80. (Початок).
20. Трибель С., Стригун О. Увага – небезпека! Спалах масового розмноження лучного метелика. *Пропозиція*. 2012. №9. С. 18–71. (Закінчення).
21. Чайка В.М. Екологічне обґрунтування прогнозу розповсюдження основних шкідників польових культур в агроценозах України. *Інтегрований захист рослин на початку ХХІ століття: матер. Міжнар. наук.-практ. конф.* Київ: Аспект-Поліграф, 2004. С. 119–125.
22. Чайка В.М. Еколого-фізіологічні аспекти динаміки популяцій комах фітофагів. *Захист і карантин рослин: міжвід. темат. наук. зб.* 2000. Вип. 48. С. 3–10.
23. Чайка В.М. Моніторинг фітосанітарного стану агроценозів. Стратегія і тактика захисту рослин. Т.1. Стратегія. Київ: Альфа-стевія, 2012. Р. 10. С. 409–416.
24. Чайка В.М., Бакланова О.В., Сердюк І.С. Поширення саранових. Екологічні закономірності на території України. *Карантин і захист рослин*. 2010. №8. С. 2–5.
25. Чайка В.М., Мельничук М.Д., Бакланова О.В., Сердюк І.С. Саранові. Екологія популяцій, моніторинг, прогноз. Київ, 2009. 246 с.
26. Constanito R.F., Deshamais R.A., Cushing J.M., Brian D. Caetic dynamics in an insect population. *Science*. 1997. V. 275, № 5298. P. 389–391.
27. Cushing J. Nonliner dynamics in insect populations From egulibna to chaos, from mathematical models to laboratory experiments. *Tagungsber. Math. Forsehun, Oberwolttach*. 1996. № 40. P. 4–5.

28. Logan J.A., Allen I.S. Nonlinear dynamics and chaos in insect populations. *Arn. Rov. Entomol.* 1992. V. 37. P. 455–477.
 29. Klimetzek D. Insektenvermehrungen und Sonnen – flecken. *Forst. Wissensch. Cenbriff.* 1976. S. 226–238.
 30. Lutyska N. V., Stankevych S. V., Zabrodina I. V. et al. Soybean insect pests: a review of Ukrainian and world data. *Ukrainian journal of ecology.* 2019. №9 (3). P. 262–274.
 31. Mayr E. The growth of biological thought. Cambridge: Harvard University Press, 1982. 975 p.
 32. Miyashita K. Outbreaks and population fluctuau – tions of insects, with special reference to agricultural insect pest i Japan. *Bull. Wat., just. Agric. Sci.* 1963. № 15. S. 19–50.
 33. Naconechna Yu. O., Stankevych S. V., Zabrodina I. V. et al. Distribution area of *Hyphantria cunea* Drury: the analysis of Ukrainian and world data. *Ukrainian journal of ecology.* 2019. №9 (3). P. 262–274.
 34. Spencer H. A theory of population, deducted from the general law of animal fertility. *Westminster.* 1852. № 57. S. 468–501.
 35. Stankevych S., Zabrodina I., Zhukova L., Bezpalko V., Nemerytska L. Mass breeding technology of the predatory mite phytoseiulus by the box method and its application in plant protection. Ecology, Biotechnology, Agriculture and Forestry in the 21st century: problems and solutions. Monograph. Edited by S. Stankevych, O. Mandych. Tallinn: Teadmus OÜ, 2024. P. 170–176.
 36. Stankevych S.V. Algorithms of forecasting beginning of the next mass reproduction of some. *Austria science.* 2018. №17. P. 17–21.
 37. Stankevych S.V., Biletskyj Ye.M., Golovan L.V. Polycyclic character, synchronism and nonlinearity of insect population dynamics and prognostication problem: monograph. Kharkiv: Publishing House I. Ivanchenko, 2020. 133 p
 38. Stankevych, S.V., Baidyk, H.V., Lezhenina, I.P. et al. Wandering of mass reproduction of harmful insects within the natural habitat. *Ukrainian Journal of Ecology*, 2019. 9(4), 578–583. 10.15421/2019_793
 39. Stankevych, S.V., Biletskyj, Ye.M., Zabrodina, I.V. et al. Cycle populations dynamics of harmful insects. *Ukrainian Journal of Ecology*, 2020. 10(3), 147–161. 10.15421/2020_148
 40. Stankevych, S.V., Biletskyj, Ye.M., Zabrodina, I.V. et al. Prognostication algorithms and predictability ranges of mass reproduction of harmful insects according to the method of nonliner dynamics. *Ukrainian Journal of Ecology*, 2020. 10(1), 37–42. 10.15421/2020_8
 41. Stankevych, S.V., Biletskyj, Ye.M., Zabrodina, I.V. et al. Prognostication in plant protection. Review of the past, present and future of nonliner dynamics method. *Ukrainian Journal of Ecology*, 2020. 10(4), 225–234. 10.15421/2020_192
 42. Stankevych, S.V., Vasylieva, Yu.V., Golovan, L.V. et al. Chronicle of insect pests massive reproduction. *Ukrainian Journal of Ecology*, 2019. 9(1), 262–274.
-

УДК 582.661.21:631.8](292.485)(1-15)
DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.144.24>

ОСНОВНІ ШКІДНИКИ АМАРАНТУ В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Тирус М.Л. – к.с.-г.н., доцент,
в.о. завідувача кафедри технологій у рослинництві,
Львівський національний університет ветеринарної медицини
та біотехнологій імені С.З. Гжицького
orcid.org/0000-0002-9882-9540

Лихочвор В.В. – д.с.-г.н.,
професор кафедри технологій у рослинництві,
Львівський національний університет ветеринарної медицини
та біотехнологій імені С.З. Гжицького
orcid.org/0000-0003-0377-6157

Голячук Ю.С. – к.б.н., доцент,
в.о. завідувача кафедри генетики, селекції та захисту рослин,
Львівський національний університет ветеринарної медицини
та біотехнологій імені С.З. Гжицького
orcid.org/0000-0002-2890-164X

Спеціалізована шкідлива ентомофауна амаранту (*Amaranthus spp.*) станом на сьогодні не сформована, оскільки не зареєстровано видів комах, що живляться виключно цією культурою. Розширення посівних площ цієї культури вимагатиме ефективних методів контролю шкідників. Особливо це стане актуальним за вирощування амаранту за інтенсивними, високоврожайними технологіями. Тому завданням наших досліджень було виявити види і кількість шкідників амаранту та ефективні інсектициди для їх контролю. Встановлювали ефективність дії таких інсектицидів: Енжіо 24,7 % к. с., Актара 2,5 % в. г., Бі 58-новий 40 % к. е., Децис-фЛюкс 25 % к. е., Ф'юрі 10 % в. е.; та молюскоцидів: Slimax 04GB і Mesurool Alimax 02RB. Посіви амаранту сорту Харківський 1 обстежували на заселеність шкідниками у 2022 та 2023 рр. в умовах дослідного поля кафедри технологій у рослинництві Львівського національного університету природокористування за загальноприйнятими методиками. Маршрутними обстеженнями встановлено, що найпоширенішими шкідниками в посівах амаранту в умовах достатнього зволоження є попелиці бобові, слимаки та хрестоцвіті блішки. Усі досліджувані препарати мали високу ефективність щодо захисту від попелиць та хрестоцвітих блішок. Найвища технічна ефективність спостерігалась на варіантах з внесенням інсектициду Енжіо 24,7 % к. с., відповідно 85,8 % та 87,6 %. Застосування препарату Актара 2,5 % в. г. забезпечило технічну ефективність на рівні 84,5 % та 86,2 %. Інсектицид Бі 58-новий 40 % к. е. знищував у посівах амаранту 83,4 % попелиць та 85,5 % хрестоцвітих блішок. Препарати Децис-фЛюкс 25 % к. е. та Ф'юрі 10 % в. е. мали дещо нижчу ефективність: 79,5 % і 81,1 % та 77,7 % і 78,7 % відповідно від попелиць бобових та хрестоцвітих блішок. Для знищення слимаків потрібно використовувати молюскоциди з діючими речовинами метальдегід та метіокарб (меркаптодіметур).

Ключові слова: амарант, інсектициди, шкідники, ефективність.

Tyrus M.L., Lykhochvor V.V., Holiachuk Yu.S. Main pests of amaranth in the Western forest-steppe of Ukraine

As of today, there is no specialized harmful entomofauna of amaranth (*Amaranthus spp.*), since no insect species feeding exclusively on this crop have been registered. Expanding the acreage of this crop will require effective pest control methods. This will be especially relevant when growing amaranth using intensive, high-yield technologies. Therefore, the aim of our research was to identify the species and number of amaranth pests and effective insecticides for their control. We determined the effectiveness of the following insecticides: Engio 24.7 % k. s., Aktara

2.5 % v. g., Bi 58-novy 40 % k. e., Decis-fLux 25 % k. e., Fury 10 % v. e.; and molluscicides: Slimax 04 GB and Mesuroal Alimax 02 RB. Amaranth crops of the Kharkivsky 1 variety were surveyed for pest infestation in 2022 and 2023 in the experimental field of the Department of Plant Growing Technologies of Lviv National University of Environmental Management using generally accepted methods. Route surveys have established that the most common pests in amaranth crops under conditions of sufficient moisture are bean aphids, slugs, and cruciferous fleas. All of the tested preparations were highly effective in protecting against aphids and cruciferous fleas. The highest technical effectiveness was observed in the variants with the application of the insecticide Engio 24.7 % k. s., 85.8 % and 87.6 %, respectively. The use of the preparation Aktara 2.5 % v. g. provided technical effectiveness at the level of 84.5 % and 86.2 %. The insecticide Bi 58-novy 40 % EC destroyed 83.4 % of aphids and 85.5 % of cruciferous fleas in amaranth crops. The preparations Decis-fLux 25 % EC and Fury 10 % EC had slightly lower efficiency: 79.5 % and 81.1 % and 77.7 % and 78.7 %, respectively, of bean aphids and cruciferous flea beetles. To destroy slugs, molluscicides with the active ingredients metaldehyde and methiocarb (mercaptopdimetur) should be used.

Key words: amaranth, insecticides, pests, effectiveness.

Постановка проблеми. Специфічних шкідників, властивих тільки амаранту, на сьогодні не зареєстровано. Це полегшує протидію їм, оскільки не вимагає розробки і пошуку спеціальних засобів, які зберегли б урожай. Серед комах, які здатні пошкодити рослини амаранту, зустрічаються найчастіше такі: звичайна бурякова блішка, південна бурякова блішка, західна бурякова блішка, хрестоцвіті блішки (найчастіше хвиляста і велика смугаста), бурякові та бобові попелиці, звичайний буряковий довгоносик, сірий буряковий довгоносик, амарантовий стеблоїд, лучний метелик, совки підгризаючі [4; 3, с. 24; 15, с. 911; 9; 6, с. 75; 12, с. 90].

Оптимальна система захисту для амаранту зазвичай передбачає дві – три обробки проти бурякового довгоносика та попелиці [5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Частина дослідників зазначають, що серед шкідників найбільш масовими і небезпечними є бобові попелиця та амарантовий стеблоїд, і для боротьби з ними рекомендують використовувати у фазі 6-8 листків амаранту препарати Актара, Ампліго, Енжіо, Карате Зеон, Моспілан, Нурел Д, Фастак [2, с. 22].

Проти попелиць, клопів, совок, цикадок обробляють посіви такими препаратами: Актелік 0,8 л/га; Волатон 0,8 л/га; Маврік 0,15 л/га. Проти бурякової попелиці Кінмікс 0,2 л/га. Проти блішки та попелиці Бі-58-новий 1л/га; Карате Зеон 0,15 л/га. Обприскування рекомендується проводити у фазі вилочки рослин амаранту [3, с. 37]. Для боротьби з буряковою блішкою використовують дельтаметрин у фазі 6-8 листків [16, с. 187].

Попелиці є одними з найбільш значущих шкідників амаранту в різних регіонах світу. Згідно з дослідженнями кенійських фермерів, що вирощують листовий амарант, 87 % респондентів визначили попелиць як основних шкідників, а 96,8 % оцінили їх як шкідника номер один серед усіх комах-шкідників амаранту [19; 14]. Попелиці завдають значної шкоди рослинам, висмоктуючи соки з листя, що призводить до пожовтіння листків, пригнічення росту та зниження якості і кількості продукції [17].

Хрестоцвіті блішки також є серйозною загрозою для посівів амаранту. Дослідження в Північній Кароліні показали, що блішка *Disonycha glabrata* може завдавати значної шкоди амаранту, викликаючи дефоліацію та пригнічення росту рослин [21]. На встановлених рослинах 20-30 % або більше площі листової поверхні повинно бути знищено, перш ніж це вплине на врожайність [18; 20, с. 15].

Коротка характеристика основних шкідників за даними дослідників є наступною:

Бурякова блішка (*Chaetocnema concinna*) відноситься до сімейства родини листоїдів і шкодить вегетативній частині амаранту. Жуки прогризають листя

наскрізь. Після масового нашествия шкідників до 45% листя перетворюється в «сітку» різного ступеня прорідження. Стебла бурякова блішки не чіпає, проте її личинки їдять коріння. Личинки, на відміну від дорослої блішки, особливої шкоди не завдають. Коренева система амаранту досить сильна для того, щоб майже без втрат пережити поїдання личинками незначної частини. Однак рослина слабшає, що може зробити її менш стійкою до інших видів шкідників і несприятливих умов. Найбільшою шкоди завдає сходам амаранту. Поріг шкодочинності для амаранту становить понад 25 жуків на 1 м², незалежно від погодних умов, і 10–25 жуків на 1 м² за умови прохолодної і сухої весни.

Найбільш дієвими і економічно ефективними є завчасні профілактичні методи контролю. До них належать:

1. Знищення бур'янів, оскільки вони найчастіше є причиною поширення блішок. Бур'яни стійкіші до погодних умов і тому є одним з улюблених місць кладки яєць шкідниками. Особливо бурякова блішка любить лободу, тому необхідно в першу чергу приділити увагу їй.

2. Забезпечення амаранту необхідною кількістю поживних речовин, а також вирощування при оптимальному температурному режимі й інших умовах, які сприяють його силі та швидкому зростанню. Чим стійкіша рослина і чим раніше вона почала розвиватися в повну силу, тим менше буде шкоди від блішки [4; 13, с. 345; 1, с. 276].

Хрестоцвіті блішки (*Phyllotreta crusiferae*) також належать до листоїдів. Хрестоцвіті блішки за рахунок стрибучості здатні в короткий термін окупувати досить великі території. Шкоду, заподіяну амаранту, приблизно можна порівняти зі шкодою від бурякової блішки. Вони таким же чином прогризають листя і здатні з'їсти до половини вегетативної маси. Причому від густоти посіву це залежить мало: жуки дуже швидко переміщуються на сусідні рослини незалежно від віддаленості. Однак хрестоцвіті блішки більш теплолюбні, ніж бурякові. Зважаючи на це, у більш холодних регіонах вони шкодять менше, зате в спекотних і схильних до посухи поведуться значно активніше. На амаранті найчастіше зустрічається хвиляста і велика смугаста. Зимують блішки у залишках рослин близько від поверхні ґрунту. На поверхню виходять, коли температура досягає 12–15°C. Личинки також живляться корінням, без значної шкоди. Поріг шкодочинності залежить від сорту амаранту. Для невисоких рослин він становить 15 жуків на 1 м².

Винищення бур'янів важлива умова для зменшення ризику навали заселення хрестоцвітої блішки [4; 13, с. 345; 1, с. 276].

Горохова попелиця (*Acyrtosiphon pisum*) пошкоджує амарант на момент утворення розетки з 8–10 листків. Шкода завдається і кормовим, і зерновим сортам амаранту. Комахи заселяють нижню сторону листків і стебла пагонів. Колонії попелиці зосереджуються на верхній частині основних чи бічних пагонів. Вони висмоктують з листя і стебел сік, у результаті чого листя скручується по центральній жилці, а стебла слабшають, втрачають силу і пружність, при великій кількості шкідників засихають. Пагони амаранту при заселенні попелицями, якщо негайно не вжити заходів, майже завжди гинуть. Урожай насіння на пошкоджених рослинах падає, втрати становлять до 35%. При розмноженні попелиць на кормових сортах втрати врожаю можуть досягати 55%.

Завчасні заходи контролю попелиць зводяться до видалення рослин, які можуть послужити місцем розмноження шкідників і розташовані поблизу від посівів амаранту. Починати захищати посіви амаранту необхідно при перших ознаках заселення попелицями [4; 13, с. 345; 1, с. 276].

Буряковий довгоносик (*Bothynoderes punctiventris*). На посівах амаранту у фазі 4–8 листків появляються два види бурякових довгоносиків — сірий і звичайний.

Тендітні сходи амаранту є для нього ласощами і жуки частково або повністю об'їдають листя. Можуть за короткий термін знищити посів. Боротьба з бур'янами сприяє зменшенню ризику нашествия бурякових довгоносиків. Шкідники йдуть із тих місць, де не можуть добути їжу, а їжею для них служать, зокрема, бур'яни та їхні залишки.

Для захисту проти цього фітофага використовуються інсектициди. За умови дотримання сівозміни ризик пошкодження посівів амаранту шкідниками зменшується [4; 13, с. 345; 1, с. 276].

Амарантовий стеблодід (*Lixus subtilis*). Вихід жуків розпочинається в останній декаді квітня за температури 10-15°C і триває до середини травня. Самка вигризає заглиблення у стеблі або в черешку листка. Відроджені личинки прогризають ходи всередині стебла і черешка. Унаслідок пошкоджень у рослин обламуються квітконоси, засихає листя, що призводить до зниження врожаю та погіршення якості насіння.

За чисельності, що перевищує 0,2-0,3 жука/м², потрібно провести обробку сходів інсектицидами [13].

Постановка завдання. Посіви амаранту сорту Харківський 1 обстежували на заселеність шкідниками у 2022 та 2023 рр. в умовах дослідного поля Львівського національного університету природокористування за загальноприйнятими методиками.

Грунт дослідної ділянки темно-сірий опідзолений із умістом гумусу 2,5%. Уміст легкогідролізованого азоту 78-84 мг, рухомих форм фосфору та калію (за методикою Чирикова) – відповідно 88-90 мг та 94-98 мг на 1 кг ґрунту. Реакція ґрунтового розчину близька до нейтральної, рН сольової витяжки – 5,9-6,0.

Розширення посівних площ амаранту вимагатиме ефективних методів контролю шкідників. Особливо це стане актуальним за вирощування амаранту за інтенсивними, високоврожайними технологіями. Тому, завданням нашого дослідження було дослідити ефективність інсектицидів Бі-58 Новий 40% к. е., Децис-Глюкс 25 % к. е., Енжіо 24,7 % к. с., Ф'юрі 10 % в. е., Актара 2,5 % в. г. на зниження чисельності і шкідливості попелиць та хрестоцвітих блішок в у посівах амаранту. Також, визначити ефективність застосування моллюскоцидів Slimax 04GB і Mesurool Alimax 02RB проти слимаків [11].

Застосування препаратів проти слимаків проводили у вечірні години, шляхом розсівання. Обліки та ефективність дії препарату визначали методом аналізу поверхневого шару ґрунту (0-5 см) у радіусі 20 см навколо рослин, які вони пошкоджують, та підрахунком чисельності та ступеня пошкодження рослин за 100-бальною системою. Для обліку заселення попелиці використовували 6-бальну шкалу [10, с. 154].

Виклад основного матеріалу досліджень. Маршрутними обстеженнями встановлено, що найпоширенішими шкідниками в посівах амаранту в умовах достатнього зволоження є попелиці бобові, слимаки та хрестоцвіті блішки. Поширення хрестоцвітих блішок та слимаків можна пояснити великою площею посіву озимого та ярого ріпаку поблизу амаранту (1-10 км). З рослин ріпаку вони мігрують на амарант. Найближчі посівні площі цукрового буряка знаходилися на значній відстані (понад 50 км), тому шкідники, що пошкоджують рослини буряка цукрового, відсутні.

Початок заселення попелицями було відмічено у фазі 4-6 листків, і на контрольному варіанті тривало до фази цвітіння. Обприскування інсектицидом проти попелиць проводили у фазі 6-8 листків. На контролі шкідник виснажував рослини, але це не спричиняло їх загибель. Проте, такі рослини відставали у рості, у них формувалася рихла та вкорочена волоть, не утворювалася зав'язь.

Одержані результати свідчать, що застосування інсектицидів зменшувало на 77,7 – 85,8 % чисельність попелиць та на 78,7-87,6 % чисельність хрестоцвітої блішки (табл. 1).

Таблиця 1

Ефективність застосування інсектицидів для захисту рослин амаранту сорту Харківський 1 від шкідників, середнє за 2022-2023 рр.

Інсектициди	Діюча речовина, г/л	Норма внесення, л/га	Технічна ефективність, %	
			Попелиці	Хрестоцвіті блішки
Контроль	-	-	0	0
Бі-58 новий	диметоат, 400	1,0	83,4	85,5
Децис -флюкс	дельтаметрин, 100	0,15	79,5	81,1
Енжіо	тіаметоксам, 141 + лямбда-цигалотрин, 106	0,20	85,8	87,6
Ф'юрі	зета-циперметрин, 100	0,10	77,7	78,7
Актара	тіаметоксам, 250	0,15	84,5	86,2

Тобто, усі препарати мали високу ефективність щодо захисту від попелиць та хрестоцвітних блішок. Найвища технічна ефективність спостерігалась на варіантах з внесенням інсектициду Енжіо 24,7 % к. с., відповідно 85,8 % та 87,6 %. Застосування препарату Актара 2,5 % в. г. забезпечило технічну ефективність на рівні 84,5 % та 86,2 %. Інсектицид Бі 58-новий 40 % к. е. знищував у посівах амаранту 83,4 % попелиць та 85,5 % хрестоцвітних блішок. Препарати Децис-флюкс 25 % к. е. та Ф'юрі 10 % в. е. мали дещо нижчу ефективність, порівняно з іншими досліджуваними інсектицидами.

Інші шкідники у наших дослідженнях зустрічалися в дуже малій кількості і не створювали загрози для рослин амаранту.

Слимак поширився в Україні орієнтовно з 2008 року, одночасно із різким збільшенням посівних площ озимого ріпаку [7, с. 45]. Перші обробки на великих площах (тисячі гектарів) проводили саме на цій культурі. Тепер це проблемний шкідник на всіх культурах у західних областях. Їдять навіть молоді листки цибулі та часнику. Найбільшої шкоди слимаки завдають на початкових фазах росту. Невеликі опади, роси, тепла погода підвищують активність слимаків, їх рухливість та інтенсивність поїдання.

За значного поширення за добу можуть з'їсти до 60 кг листків на 1 га [8, с. 98]. Проблема є те, що в Україні відсутня офіційна реєстрація будь-яких моллюскоцидів.

У наших дослідженнях використовували два моллюскоциди (табл. 2).

Таблиця 2

Захист рослин амаранту сорту Харківський 1 від пошкодження рудим іспанським слимаком (*Arion lusitanicus*)

Варіант	Діюча речовина	Норма внесення, кг/га	Слимаки, шт/м ²	
			Фаза 10 листків	Фаза формування суцвіть
Контроль	-	-	3	6
Slimax 04GB	metaldehyd, 4%	4,0	0	2
Mesurool Alimax 02RB	merkaptodimetur, 2%	5,0	0	1

Вносили їх за першої появи слимаків, їх сріблястих слідів та наявності пошкоджень рослин. Препарати в значній мірі зменшували присутність слимаків, що

видно у порівнянні з контролем. Ефективність їх діючих речовин була приблизно однаковою. Особливо сильною була дія моллюскоцидів у фазі 10 листків. Необхідно відзначити значні труднощі в обліку слимаків, особливо на пізніших фазах росту амаранту. Знаходили їх як на поверхні ґрунту, так і на стеблі, волоті і навіть на верхівках рослин. Шкідник веде нічний спосіб життя, тому облік проводили в ранкові години (6-7 год). Крім того, шкідники поширювались з необроблених ділянок на оброблені, що теж ускладнювало їх облік. У пізніших фазах росту на добре розвинутих високих рослинах шкода від слимаків не була такою відчутною, як у фазі 10 листків. Результати досліджень показали, що в умовах достатнього зволоження для якіснішого контролю слимаків можливо буде доцільним дворазове внесення препаратів.

Висновки і пропозиції.

1. Усі досліджувані препарати мали високу ефективність щодо захисту від попелиць та хрестоцвітих блішок. Найвища технічна ефективність спостерігалась на варіантах з внесенням інсектициду Енжіо 24,7 % к. с., відповідно 85,8 % та 87,6 %. Застосування препарату Актара 2,5 % в. г. забезпечило технічну ефективність на рівні 84,5 % та 86,2 %. Інсектицид Бі 58-новий 40 % к. е. знищував у посівах амаранту 83,4 % попелиць та 85,5 % хрестоцвітих блішок. Препарати Децис-флюкс 25 % к. е. та Ф'юрі 10 % в. е. мали дещо нижчу ефективність.

2. Для знищення слимаків потрібно використовувати моллюскоциди з діючими речовинами метальдегід та метіокарб (меркаптодіметур).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Амарант: селекція, генетика та перспективи вирощування: монографія. Гопцій Т.І. та ін. Харків. Харківський національний аграрний університет. 2018. 362 с.
2. Васильєва Ю.В., Станкевич С.В. Перспективи вирощування амаранту в Україні та оптимізація його хімічного захисту від шкідливих організмів. *Аграрник*. 2019. №4(335). С. 22-23.
3. Дейнега А.К. Амарант культура ХХІ століття. Амарант України. 2022. 42 с.
4. Дуда О., Капштик М. Захист амаранту від бур'янів, шкідників і хвороб. *Пропозиція*. 2021. <https://surl.li/palgoo> (дата звернення: 14.05.2025).
5. Дуда О.М. Амарант: Як вирощувати, чим збирати та скільки коштує технологія? *Supragronom*. 2022. <https://surl.lu/wmmqtz> (дата звернення: 14.05.2025).
6. Леженіна І. П., Карпенко Ю. В. Амарантовий стеблогриз – небезпечний шкідник насінневих посівів амаранту в Харківській області. *Вісник Харківського НАУ. Серія Ентомологія та фітопатологія*. 2008. №8. С. 73-79.
7. Лихочвор В.В., Гойсалюк Я.С. Ріпак – делікатес для слимаків. *Агробізнес сьогодні*. 2015. №13. С. 45.
8. Лихочвор В.В., Петриченко В.Ф. Ріпак. 2-ге вид., доп. Львів. Українські технології. 2010. 124 с.
9. Маковей Ю. Вирощування амаранту: про рентабельність, переваги та недоліки. *Куркуль – онлайн-асистент фермера*. <https://surl.lu/mbkza> (дата звернення: 14.05.2025).
10. Методики випробування і застосування пестицидів. Трибель С.О., Сігарьова Д.Д., Секун М.П., Іващенко О.О. За ред. проф. С.О. Трибеля. Київ. Світ. 2001. 448 с.
11. Перелік пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні. Довідкове видання. Київ. Юнівест Медіа. 2021. 864 с.
12. Рижков О. Наша історія дає нам силу. *Зерно*. 2021. №3. С. 86-92.
13. Сільськогосподарська ентомологія. Підручник. За ред. Б.М. Литвинова та М.Д. Євтушенка. Київ. Вища освіта. 2005. 511 с.

14. Станкевич С., Васільєва Ю. Оптимізація хімічного захисту амаранту від шкідливих організмів. *Агробізнес сьогодні*. 2020. <https://surl.li/suqygi> (дата звернення: 14.05.2025).
 15. Bielski S., Szwejkowska B. Influence of some agro-technical treatments on the development and yields of amaranth. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2015. 21(4). P. 909-915.
 16. Casini P., Biancofiore G. Optimizing sowing time for boosting productivity and nutritional quality of amaranth (*Amaranthus cruentus* L.) genotypes under Mediterranean climate. *Acta Agriculturae Slovenica*. 2020. 115(1). P. 183-191. <https://doi.org/10.14720/aas.2020.115.1.1228>
 17. Common Amaranth Plant Pests: Prevention and Control Methods. *Live to Plant*. 2023. <https://surl.li/dbwxfx> (дата звернення: 06.06.2025).
 18. Cranshaw W.S. Flea Beetles. *Colorado State University Extension*. 2019. 5.592. <https://extension.colostate.edu/topic-areas/insects/flea-beetles-5-592/>
 19. Nampeera E.L., Nonnecke G.R., Blodgett S.L., Tusiime S.M., Masinde D.M., Wesonga J.M., Murungi L.K., Baidu-Forsen J.J., Abukutsa-Onyango M.O. Farmers' Knowledge and Practices in the Management of Insect Pests of Leafy Amaranth in Kenya. *Journal of Integrated Pest Management*. 2019. Vol. 10, № 1. Article 31. <https://doi.org/10.1093/jipm/pmz029>
 20. Othim S. T. O., Srinivasan R., Kahuthia-Gathu R., Dubois T., Dinssa F. F., Ekesi S., Fiaboe K. K. M. Screening for resistance against major lepidopteran and stem weevil pests of amaranth in Tanzania. *Euphytica*. 2018. 214. P. 2-21. <https://doi.org/10.1007/s10681-018-2269-1>
 21. Vorsah R.V., Dingha B.N., Gyawaly S., Fremah S.A., Sharma H., Bhowmik A., Worku M., Jackai L.E. Organic Mulch Increases Insect Herbivory by the Flea Beetle Species, *Disomycha glabrata*, on *Amaranthus* spp. *Insects*. 2020. Vol. 11, № 3. Article 162. <https://doi.org/10.3390/insects11030162>
-

УДК 633.853.494:631.811.98:631.95(477.83)
DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.144.25>

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНІСТЬ РІПАКУ ОЗИМОГО ЗАЛЕЖНО ВІД СТИМУЛЯТОРІВ РОСТУ В УМОВАХ ЗАХІДНОГО РЕГІОНУ УКРАЇНИ

Тіцький В.Б. – аспірант кафедри лісового і аграрного менеджменту,
Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника
orcid.org/0009-0006-5243-4283

У статті подано результати дворічних польових досліджень щодо впливу різних стимуляторів росту на продуктивність ріпаку озимого залежно від гібридних особливостей в умовах Західного регіону України. Метою роботи було оцінити ефективність застосування біологічно активних препаратів («Паверфол Енерджі Сіде», «Паверфол Ундарія», «Паверфол Фітофарм») у поєднанні з мінеральним фоном удобрення $N_{70}P_{60}K_{75}$ на ріст, розвиток та врожайність трьох гібридів ріпаку: Ритмо, Далтон і Дрон. Дослідження проводилися упродовж 2023–2024 рр. на темно-сірому середньосуглинковому ґрунті, який характеризувався середнім вмістом гумусу, задовільним забезпеченням елементами живлення та слабокислою реакцією середовища.

Установлено, що обробка рослин стимуляторами росту сприяла активізації фізіологічного-біохімічних процесів, поліпшенню формування структурних елементів урожаю, підвищенню рівня зимо- та жаростійкості. Найвищу продуктивність показали рослини, оброблені препаратом «Паверфол Фітофарм» у поєднанні з основним мінеральним фоном, незалежно від гібриду. Приріст урожайності в порівнянні з контролем (без добрив) становив у середньому 2,26–2,71 т/га для гібриду Ритмо, 2,48 т/га для Далтона та 2,71 т/га для гібриду Дрон. Це свідчить про ефективність інтегрованого підходу до живлення ріпаку, за якого поєднується мінеральне удобрення із застосуванням адаптогенів.

Отримані результати мають практичне значення для розробки сучасних технологій вирощування ріпаку озимого в умовах кліматичних змін, зокрема для зон із нестабільним зволоженням і частими весняними стресами. Результати дослідження можуть бути використані агрономами, консультантами, науковцями та виробниками для прийняття рішень щодо вибору гібридів і стимуляторів росту з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов.

Ключові слова: ріпак озимий, стимулятори росту, врожайність, гібриди, добрива, Західний регіон, Паверфол.

Titskyi V.B. Features of winter rapeseed productivity formation depending on growth stimulants under conditions of the western region of Ukraine

The article presents the results of a two-year field study on the impact of different growth stimulants on the productivity of winter rapeseed depending on hybrid characteristics under the conditions of the Western region of Ukraine. The aim of the study was to assess the effectiveness of biologically active preparations ("Powerful Energy Side", "Powerful Undaria", and "Powerful Phytopharm") in combination with the mineral fertilizer background $N_{70}P_{60}K_{75}$ on the growth, development, and yield of three rapeseed hybrids: Rytmo, Dalton, and Dron. The research was carried out in 2023–2024 on dark gray medium loamy soil with moderate humus content, satisfactory nutrient supply, and slightly acidic pH.

It was established that the application of growth stimulants promoted the activation of physiological and biochemical processes, improved the formation of yield structural elements, and enhanced cold and heat tolerance. The highest productivity was achieved by plants treated with "Powerful Phytopharm" in combination with the mineral fertilizer, regardless of the hybrid. The yield increase compared to the control (no fertilizers) ranged from 2.26 to 2.71 t/ha for Rytmo, 2.48 t/ha for Dalton, and 2.71 t/ha for Dron. This indicates the effectiveness of an integrated approach to rapeseed nutrition that combines mineral fertilization with adaptogen application.

The obtained results are of practical importance for the development of modern winter rapeseed cultivation technologies in the context of climate change, particularly for zones with unstable moisture and frequent spring stress. The findings can be used by agronomists, consultants, researchers, and producers when making decisions on the choice of hybrids and growth stimulants according to soil and climatic conditions.

Key words: winter rapeseed, growth stimulants, yield, hybrids, fertilizers, Western region, Powerful.

Постанова проблеми. Ріпак озимий є важливою культурою для агропромислового комплексу. Щороку інтерес фермерів до цієї рослини зростає завдяки її значущості як цінної олійної культури. Ріпак (*Brassica napus* L.) входить до трійки найпоширеніших олійних рослин у світі. Його насіння має унікальні властивості, завдяки чому ріпак стабільно користується високим попитом і демонструє вигідні закупівельні ціни. Ця культура також слугує чудовим попередником для озимої пшениці, оскільки сприяє очищенню поля від бур'янів і покращує повітряний режим ґрунту. Ріпакова олія знаходить широке застосування в кулінарії, косметології, медицині та при виробництві біопального [9, 15].

Озимий ріпак має значне агротехнічне значення. Його вирощування не призводить до виснаження ґрунту, а рясна вегетативна маса ефективно пригнічує ріст бур'янів. Крім того, добре розвинена коренева система ріпаку сприяє покращенню ґрунтової структури. Включення цієї культури у сівозміну підвищує рівень землеробської культури, адже для отримання стабільно високих урожаїв необхідне точне дотримання технологічних вимог [11].

Розширення промислового виробництва ріпаку могло б суттєво допомогти у вирішенні актуальної енергетичної кризи в нашому регіоні. Крім того, це створює можливість для залучення до господарської діяльності земель, які були забруднені радіоактивними речовинами після аварії на Чорнобильській АЕС. Паралельно з покращенням екологічного стану ґрунтів така ініціатива відкриває перспективи налагодження виробництва та використання альтернативного пального – біодизелю – для потреб сільськогосподарської та транспортної техніки [2].

Аналіз останніх досліджень публікацій. В Україні щорічно вирощується понад 16 мільйонів тонн олійних культур на площі близько 8 мільйонів гектарів. Із цього обсягу приблизно 15 мільйонів тонн переробляється на олію, а ще близько 4 мільйонів тонн спрямовується на експорт до міжнародних ринків [17-19].

У сучасних технологіях вирощування сільськогосподарських культур внесення добрив забезпечує до 50–60% і більше від загальної продуктивності рослин. Ріпак озимий, у порівнянні із зерновими культурами, потребує підвищених доз мінерального живлення. Високі врожаї цієї культури досягаються лише за умов родючих ґрунтів, дотримання оптимальних норм і строків внесення мінеральних добрив [5, 12].

Основне внесення мінеральних добрив восени сприяє активному росту рослин, покращенню формування кореневої системи та підвищенню здатності культур до успішної перезимівлі [6, 14].

Забезпечення ріпаку необхідними елементами живлення безпосередньо впливає на його зимостійкість, стійкість до шкідників і хвороб, а також на підсумкову врожайність насіння [13].

Реакція ріпаку озимого на мінеральні добрива проявляється у значному прирості врожаю. Однак перевищення рекомендованих норм не завжди дає позитивний ефект і може бути неефективним [4, 8].

Вирощування олійних культур є ключовим елементом у стратегії економічного зростання держави. Серед них особливої уваги заслуговує ріпак, олія якого завдяки своїм унікальним біологічним та хімічним властивостям дедалі активніше використовується як у харчовій промисловості, так і в різних сферах народного господарства [1].

У Західному Лісостепу високу врожайність озимого ріпаку пов'язують зі створенням спеціалізованих регіональних зон для інтенсивного вирощування як озимої, так і ярої форми цієї культури на великих площах. Такий підхід забезпечує ефективне

використання ґрунтово-кліматичних умов, матеріально-технічного забезпечення, новітніх високопродуктивних сортів і гібридів, а також сучасних агротехнічних заходів. Водночас, через кліматичні зміни останніх років і постійне оновлення Реєстру сортів рослин України новими, більш урожайними різновидами, виникає потреба у науковому обґрунтуванні їхнього потенціалу. Це включає дослідження параметрів росту, закономірностей формування врожаю та показників якості насіння.

Найскладнішим елементом технології вирощування ріпаку озимого є розробка раціональної системи удобрення. Успіх вирощування культури залежить від оптимальної кількості внесеного азоту [3, 7]. Азот важливий для рослин, оскільки він є основою для формування вегетативної маси. Однак за відсутності фосфорних і калійних добрив ефективність азотних добрив знижується. Слід звернути увагу, що надлишок азоту восени може знижувати зимостійкість, оскільки, в такому випадку, рослини продовжують активно розвиватися. За сприятливих умов, залежно від складу ґрунту, культури-попередника, вологості ґрунту та температури, до припинення вегетації рослина, в середньому, встигає використати 30–60 кг/га ґрунтового азоту. Тому для оптимального розвитку ріпаку, з осені необхідно внести до 30 кг легкодоступного для рослини азоту [16, 20].

До реєстру сортів рослин України внесено нові сорти ріпаку, які різняться за екологічними типами, біологічними та технологічними властивостями і потребують інноваційної технології адаптованої до умов Передкарпаття. Але недостатнє наукове обґрунтування особливостей вирощування, відсутність сортової агротехніки та рекомендацій по ефективному культивуванню ріпаку потребує уваги науковців щодо вирішення цієї проблеми.

Розробка найбільш ефективних прийомів вирощування ріпаку для реалізації генетичного потенціалу сортів, а також пошуки шляхів зниження енерговитрат в умовах екологічної та економічної кризи в Україні є актуальним питанням.

Усе це підкреслює актуальність проведення досліджень та розроблення як теоретичних засад, так і практичних рекомендацій щодо технології вирощування озимого ріпаку.

Постанова завдання. Метою дослідження було оцінити продуктивність ріпаку озимого залежно від застосованих систем удобрення в умовах західного регіону.

Оцінку продуктивності ріпаку озимого проводили в польовому досліді з використанням загальноприйнятих методів визначення структури урожаю та його якості на виробничих посівах СГТЗОВ «Уїзд» Рогатинської ОТГ.

Дослідження здійснювали протягом 2022–2024 рр. у польовій сівозміні, де попередником була озима пшениця, на темно-сірому середньо суглинковому ґрунті. Ґрунт у шарі 0–30 см характеризувався такими показниками: вміст гумусу – 2,15 %, вміст азоту – 80,5 мг/кг ґрунту, рухомого фосфору – 128,2 мг/кг, обмінного калію – 134,8 мг/кг, рН сольове – 5,56.

В основу досліджень закладені наступні варіанти:

1. Контроль (бездобрив)
2. $N_{70}P_{60}K_{75}$
3. $N_{70}P_{60}K_{75}$ + Паверфол Енерджі Сіде - (перепосівна обробка насіння 4л/т)
4. $N_{70}P_{60}K_{75}$ + Паверфол Ундарія - (відновлення вегетації 2л/га)
5. $N_{70}P_{60}K_{75}$ + Паверфол Фітофарм - (формування розетки 1л/га)

Гібриди на яких проводили дослідження французької та німецької селекції Ритмо, Далтон, Дрон, вони характеризуються високою стійкістю до вилягання, обсіпання, квіткового квіткоїда, бактеріозу. Вміст олії коливається від 42-50 %, урожайність до 43 ц/га, вміст білка до 22%.

На всіх варіантах дослідів здійснювали фенологічні спостереження згідно з методикою Державної комісії з випробування сортів сільськогосподарських культур (2001). Перезимівлю та щільність стояння рослин оцінювали методом облікових площадок.

Морфологічну структуру рослин озимого ріпаку визначали відповідно до «Методичних вказівок з проведення польових дослідів із польовими культурами» (2000).

Урожай насіння враховували шляхом суцільного обмолоту кожної облікової ділянки з подальшим зважуванням та перерахунком на стандартну вологість і повну густоту стояння.

Статистичну обробку отриманих даних проводили методом дисперсійного аналізу.

Результати та обговорення. У ході дослідження було встановлено, що на формування структурних елементів урожаю ріпаку озимого суттєво впливає як основне мінеральне удобрення, так і застосування біологічних стимуляторів росту. Аналіз отриманих даних за середніми показниками впродовж 2023–2024 років продемонстрував наявність чіткої тенденції до покращення показників продуктивності під впливом удобрення, особливо в поєднанні з позакореновими обробками препаратами Паверфол.

Гібрид Ритмо продемонстрував позитивну реакцію на застосування добрив і біопрепаратів. У контрольному варіанті кількість стручків на одній рослині становила 46,55 шт, а маса 1000 насінин – лише 3,18 г (табл.1). Внесення макро-добрив $N_{70}P_{60}K_{75}$ підвищило ці показники відповідно до 60,28 стручків і 3,44 г. Найбільш виражене покращення було зафіксовано у варіантах із додаванням біостимуляторів. Зокрема, обробка препаратом Паверфол Фітофарм забезпечила максимальні значення: 128,9 стручків на рослині, 22,90 насінин у стручку, а маса 1000 насінин сягнула 3,67 г. Це свідчить про високу ефективність інтегрованого підходу до живлення культури із застосуванням як мінерального, так і позакоренового підживлення.

Для гібриду Далтон спостерігалася подібна тенденція. Контрольний варіант характеризувався нижчими показниками: 39,41 стручків, 20 насінин у стручку та 3,51 г маси 1000 насінин.

Після внесення базової норми добрив кількість стручків зросла до 60,45, а застосування біостимуляторів, особливо Паверфол Фітофарм, підвищило цей показник до 128,73 стручків. Також зросла кількість насінин у стручку (до 22,54 шт), а маса 1000 насінин – до 3,63 г. У порівнянні з контролем, приріст за кількістю стручків склав понад 3 рази. Варто зазначити, що біостимулятор Паверфол Енерджі Сіде, хоч і покращив кількість генеративних органів, але знизив масу насіння (3,45 г), що може вказувати на перерозподіл пластичних речовин або затримку дозрівання насіння.

Гібрид Дрон також позитивно відреагував на внесення мінеральних добрив та біопрепаратів. У контрольному варіанті на одній рослині формувалося 45,80 стручків, маса 1000 насінин складала 3,11 г. Базова система удобрення ($N_{70}P_{60}K_{75}$) підвищила кількість стручків до 65,38, а масу – до 3,48 г. Найбільші показники були отримані за обробки Паверфол Фітофарм: 130,30 стручків, 23,21 насінини в стручку та 3,63 г маси 1000 насінин. Високі результати цього варіанту можуть бути обумовлені поєднанням оптимального забезпечення елементами живлення та стимуляції фізіологічних процесів у рослині, зокрема фотосинтезу, закладки генеративних органів та наливу насіння.

Таблиця 1

**Вплив удобрення на показники елементів структури продуктивності гібридів
ріпаку озимого (середнє за 2023-2024 рр.)**

Гібрид	Варіант удобрення	Кількість стручків на рослині, шт.	Кількість насінин в стручку, шт.	Маса 1000 насінин, г
Ритмо	Контроль (без добрив)	46,55	19,70	3,18
	$N_{70}P_{60}K_{75}$	60,28	20,28	3,44
	$N_{70}P_{60}K_{75}$ + Паверфол Енерджі Сіде	98,31	21,30	3,48
	$N_{70}P_{60}K_{75}$ + Паверфол Ундарія	111,0	21,82	3,55
	$N_{70}P_{60}K_{75}$ + Паверфол Фітофарм	128,90	22,90	3,67
Далтон	Контроль (без добрив)	39,41	20,00	3,51
	$N_{70}P_{60}K_{75}$	60,45	21,18	3,60
	$N_{70}P_{60}K_{75}$ + Паверфол Енерджі Сіде	102,04	21,65	3,45
	$N_{70}P_{60}K_{75}$ + Паверфол Ундарія	115,46	22,11	3,62
	$N_{70}P_{60}K_{75}$ + Паверфол Фітофарм	128,73	22,54	3,63
Дрон	Контроль (без добрив)	45,80	19,54	3,11
	$N_{70}P_{60}K_{75}$	65,38	21,76	3,48
	$N_{70}P_{60}K_{75}$ + Паверфол Енерджі Сіде	115,16	23,00	3,52
	$N_{70}P_{60}K_{75}$ + Паверфол Ундарія	128,21	23,18	3,52
	$N_{70}P_{60}K_{75}$ + Паверфол Фітофарм	130,30	23,21	3,63

Таким чином, отримані дані свідчать про високий вплив інтегрованого удобрення на продуктивність озимого ріпаку. У всіх гібридів максимальні значення кількості стручків, кількості насінин у стручку та маси 1000 насінин зафіксовані у варіантах із застосуванням препарату Паверфол Фітофарм у поєднанні з мінеральними добривами. Це дозволяє зробити висновок, що для отримання високої продуктивності озимого ріпаку доцільно поєднувати ґрунтове живлення з позакореновими підживленнями, зокрема препаратами з біологічною активністю. Причинами високої продуктивності в таких варіантах є покращене засвоєння поживних елементів, активація метаболічних процесів та сприятливий вплив на формування елементів структури врожаю.

Аналіз урожайності гібридів ріпаку озимого за середніми показниками 2023–2024 років в умовах застосування різних систем удобрення свідчить про суттєву різницю у формуванні продуктивності залежно від агротехнологічного фону (табл.2). Відповідно до отриманих результатів, базові контрольні варіанти без внесення добрив в усіх досліджуваних гібридів забезпечили найнижчі показники врожайності, що підтверджує потребу в системному застосуванні мінерального живлення та стимулюючих препаратів для повноцінного розвитку культури.

Зокрема, для гібриду Ритмо в умовах контролю середня урожайність за два роки становила 1,44 т/га. Внесення макродобрив у дозі $N_{70}P_{60}K_{75}$ дало приріст урожайності до 2,54 т/га, що на 1,10 т/га (або 76,4%) перевищувало контроль. Додаткове застосування препарату Паверфол Енерджі Сіде ще більше посилило позитивний ефект – урожайність зросла до 3,15 т/га. Найвищий результат зафіксовано у варіанті з використанням Паверфол Фітофарм, де врожайність досягла 3,70 т/га – це на 2,26 т/га більше порівняно з варіантом без удобрення (приріст 156,9%). Варто зазначити, що лінійне зростання урожайності свідчить про кумулятивний ефект збалансованого мінерального живлення в поєднанні з біостимуляторами, які впливають на метаболічну активність рослин.

Схожі закономірності спостерігались і у гібриду Далтон. У контрольному варіанті середня урожайність склала 1,12 т/га, тоді як у варіанті із застосуванням лише

мінеральних добрив – уже 2,45 т/га, що є приростом на 1,33 т/га (218,8%). Додавання біостимуляторів суттєво підвищувало врожайність. Так, у варіанті з Паверфол Ундарія урожайність склала 3,19 т/га, а з Паверфол Фітофарм – максимальні 3,60 т/га, що втричі перевищує контроль (321,4%). Ці результати демонструють високу ефективність поєднання добрив і біостимуляторів, зокрема для гібридів з високим потенціалом урожайності, як у випадку з Далтон.

Гібрид Дрон також показав позитивну динаміку у відповідь на агротехнологічні прийоми. У контрольному варіанті урожайність склала 1,27 т/га. При застосуванні лише мінерального удобрення показник виріс до 2,42 т/га (приріст 1,15 т/га або 90,6%).

Таблиця 2

**Вплив удобрення на урожайність насіння гібридів ріпаку озимого
(середнє за 2023–2024 рр.)**

Гібрид	Варіант удобрення	Роки		Середнє	Середнє +,- до контролю	
		2023	2024		т/га	%
Ритмо	Контроль (без добрив)	1,76	1,11	1,44	-	-
	N ₇₀ P ₆₀ K ₇₅	2,82	2,26	2,54	1,10	176,4
	N ₇₀ P ₆₀ K ₇₅ + Паверфол Енерджі Сіде	3,40	2,89	3,15	1,71	218,8
	N ₇₀ P ₆₀ K ₇₅ + Паверфол Ундарія	3,85	3,26	3,60	2,16	250,0
	N ₇₀ P ₆₀ K ₇₅ + Паверфол Фітофарм	3,94	3,44	3,70	2,26	256,9
НІР 05				1,03		
Далтон	Контроль (без добрив)	1,18	1,05	1,12	-	-
	N ₇₀ P ₆₀ K ₇₅	2,43	2,46	2,45	1,33	218,8
	N ₇₀ P ₆₀ K ₇₅ + Паверфол Енерджі Сіде	2,87	2,71	2,79	1,67	249,1
	N ₇₀ P ₆₀ K ₇₅ + Паверфол Ундарія	3,16	3,21	3,19	2,07	284,8
	N ₇₀ P ₆₀ K ₇₅ + Паверфол Фітофарм	3,54	3,66	3,60	2,48	321,4
НІР 05				0,20		
Дрон	Контроль (без добрив)	1,29	1,24	1,27	-	-
	N ₇₀ P ₆₀ K ₇₅	2,34	2,49	2,42	1,15	190,6
	N ₇₀ P ₆₀ K ₇₅ + Паверфол Енерджі Сіде	3,11	2,92	3,02	1,75	237,8
	N ₇₀ P ₆₀ K ₇₅ + Паверфол Ундарія	3,66	3,44	3,55	2,28	279,5
	N ₇₀ P ₆₀ K ₇₅ + Паверфол Фітофарм	3,98	3,98	3,98	2,71	313,4
НІР 05				0,27		

Найбільш вагомий ефект був досягнутий у варіантах з біостимуляторами, особливо у комбінації з Паверфол Фітофарм, де урожайність досягла 3,98 т/га, тобто була втричі вищою за контрольну. За середніми значеннями за два роки, приріст склав 2,71 т/га або 313,4%.

За показником НІР₀₅, який становив 1,03 т/га для гібриду Ритмо, 0,20 т/га для Далтон і 0,27 т/га для Дрон, можна зробити висновок, що відмінності між варіантами є статистично достовірними. Найбільшою мірою на підвищення врожайності впливало поєднання мінерального живлення та позакоренових обробок біостимуляторами, що стимулювали інтенсивні фізіолого-біохімічні процеси в рослинах, зокрема активність фотосинтезу, налив насіння та розвиток генеративних органів.

Висновки. Результати дослідження свідчать про високу ефективність системного підходу до удобрення озимого ріпаку. Для усіх трьох гібридів найбільш урожайними

виявилися варіанти, що поєднували традиційне мінеральне удобрення з біологічно активними препаратами. Найвищі показники врожайності досягнуто у варіантах з препаратом Паверфол Фітофарм, що дозволяє рекомендувати його використання у виробничих умовах як вискоєфективний елемент технології вирощування ріпаку озимого.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Бабич А.О. Світові земельні, продовольчі і кормові культури : Київ : Аграрна наука, 1996. 572 с.
2. Гайдаш В. Ріпак: його сучасний стан і перспективи в Україні. Пропозиція. 2002. № 8–9. С. 50–51.
3. Гелета О. С. Розвиток ринку ріпаку як важлива складова ефективного функціонування вітчизняного ринку відновлюваних джерел енергії. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка. Економічні науки*. 2013. Випуск 138. С. 106–112.
4. Григорів Я.Я., Стельмах О.М., Кифорук І.М. Вплив варіантів удобрення на урожайність та якість насіння сортів ріпаку озимого. *Вісник Львівського національного аграрного університету*. 2021. Вип. 25. С. 125–131.
5. Григорів Я.Я., Стельмах О.М., Кифорук І.М., Мельничук Т.В. Урожайність сільськогосподарських культур у сівозмінах короткої ротації за різних технологій вирощування. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. Львів : Оброшино. 2020. Вип. 68 (І). С. 176–188.
6. Григорів Я.Я., Стельмах О.М., Кифорук І.М., Туць Л.І. Урожайність ріпаку озимого залежно від рівня удобрення та захисту від бур'янів. *Таврійський науковий вісник*. 2022. Вип. 127. С.159–165.
7. Домарацький Є. О., Базалій В. Б., Домарацький О. О. Продуктивність ріпаку озимого залежно від азотного живлення та відновлювальних препаратів в умовах кліматичних змін. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2019. Вип.І. С. 53–62.
8. Дударчук І.С., Петренко Т.С., Мисковець К. В. Вплив рівня удобрення та строків сіви на накопичення основних елементів живлення в рослинах та урожайність сортів ріпаку озимого. *Наукові праці інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків: рослинництво*. 2014. Вип. 21. С. 73–79.
9. Кернасюк Ю. Глобальний та внутрішній ринки ріпаку. *Агробізнес сьогодні*. 2022. № 13–14. С. 12–13
10. Лазар Т.І. Інтенсивна технологія вирощування ріпаку озимого К.: Мін-во АПК, 1999. 32 с.
11. Поляков О.І., Вахненко С.В., Нікітенко О.В. Особливості росту, розвитку й формування врожайності ріпаку озимого сорту Стілуца в залежності від системи удобрення. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2016. № 23. С. 143–148.
12. Санін В. А., Санін Ю. В. Основні технологічні елементи вирощування озимого ріпаку в осінній період: наукове видання. *Агроном*. 2008. № 3. С. 24–25.
13. Цехменструк М. Г. Удобрення ріпаку – запорука доброго врожаю. *Agroekspert*. 2008. № 3. С. 8–14.
14. Шевченко А. А., Поліщук В. В. Перспективи нарощування виробництва ріпаку в Україні. *Аналіз тенденцій розвитку економіки, обліку, фінансів та права* : зб. матеріалів доп. учасн. Міжнар. наук.-практ. конф. Полтава. 2020. С. 39–42
15. Шкода О. А., Бідніна І. О. Урожай озимого ріпаку за різних рівнів азотного живлення. *Зрошуване землеробство*. 2014. Вип. 61. С. 91–93.
16. Hryhoriv, Y., Lyshenko, M., Butenko, A., Nechyporenko V., Makarova V., Mikulina M., Bahorka M., Tymchuk D. S., Samoshkina I., Torianyk I. Competitiveness and Advantages of Camelina sativa on the Market of Oil Crops. *Ecological Engineering and Environmental Technology*. 2023, 24(4), pp. 97–103.
17. Juodka, R., Nainienė, R., Juškienė, V., Juška, R., Leikus, R., Kadžienė, G., Stankevičienė, D. Camelina (Camelina sativa (L.) Crantz) as feedstuffs in meat type poultry diet: A source of protein and n -3 fatty acids. *Animals*. 2022. 12(3). 295. <https://doi.org/10.3390/ani12030295>
18. Riaz, R., Ahmed, I., Sizmaz, O., Ahsan, U.. Use of Camelina sativa and by – products in diets for dairy cows: Are view. *Animals*. 2022. 12 (9), 1082. <https://doi.org/10.3390/ani12091082>
19. Sieling K., Boettcher Ulf, Kage H. Effect of Sowing Method and Application on Seed Yield and N Use Efficiency of Winter Oilseed Rape. 2017. Vol. 7. Issue 1. P. 36

УДК 632.7:635.655] (100)

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.144.26>

ШКІДНИКИ СОЄВИХ АГРОЦЕНОЗІВ УКРАЇНИ ТА СВІТУ: РОЗШИРЕНИЙ ОГЛЯД

Хасай Р.Г. – аспірант кафедри зоології, ентомології, фітопатології,
інтегрованого захисту і карантину рослин імені Б.М. Литвинова,
Державний біотехнологічний університет
orcid.org/0009-0005-7112-2181

Станкевич С.В. – к.с.-г.н.,
доцент кафедри зоології, ентомології, фітопатології, інтегрованого захисту
і карантину рослин імені Б.М. Литвинова,
Державний біотехнологічний університет
orcid.org/0000-0002-8300-2591

Жукова Л.В. – к.с.-г.н.,
доцент кафедри зоології, ентомології, фітопатології, інтегрованого захисту
і карантину рослин імені Б.М. Литвинова,
Державний біотехнологічний університет
orcid.org/0000-0003-1549-8019

Забродіна І.В. – к.с.-г.н.,
доцент кафедри зоології, ентомології, фітопатології, інтегрованого захисту
і карантину рослин імені Б.М. Литвинова,
Державний біотехнологічний університет
orcid.org/0000-0001-8122-9250

Меленті В.О. – PhD,
старший викладач кафедри зоології, ентомології, фітопатології,
інтегрованого захисту і карантину рослин імені Б.М. Литвинова,
Державний біотехнологічний університет
orcid.org/0000-0003-4196-5274

Соя – головна білково-олійна культура світового землеробства. Вона посідає важливе місце в структурі посівів, зерновому, кормовому і харчовому балансах. Це стратегічна культура у розв'язанні глобальної продовольчої проблеми, тому її вирощують на всіх континентах в основних землеробських регіонах нашої планети. Протягом останніх років за темпами росту посівів і обсягів виробництва соя не має собі рівних. Хоча Україна в Європі посідає перше місце за площею вирощування сої, урожайність її ще не відповідає потенційним можливостям. Одним із чинників, що обмежують потенційну продуктивність, є шкідники. Захист сої від них є важливою та актуальною складовою для отримання стабільно високих урожаїв за одночасного підвищення якості насіння. Особливо чітко це просліджується останніми роками, внаслідок зростання посівних площ і підвищення урожайності завдяки впровадженню інтенсивних технологій вирощування сої. Але слід мати на увазі, що сою пошкоджують багато видів шкідливих комах на всіх етапах органогенезу, при цьому втрати врожаю можуть сягати 30–40 %. Загалом у Світі описано понад 500 видів комах шкідливих на сої. Найбільша їхня кількість у країнах Азії, що є цілком зрозумілим, адже саме з цього регіону походить культура сої. Найшкідливішими є клоп зелений (*Nezara viridula*), плодожерка соєва (*Leguminivora glicinivorella*), муха стеблова (*Melanagromyza sojae*), вогнівка акацієва (*Etiella zinckenella*). На Американському континенті великої шкоди завдають клоп зелений (*Nezara viridula*) та совка *Anticarsia gemmatalis*. У Європі найбільш шкідливими є вогнівка акацієва (*Etiella zinckenella*) та сонцевик будяковий (*Vanessa cardui*). В Україні описано понад 110 видів шкідників сої, з яких найбільш небезпечними є муха паросткова (*Delia platura*), довгоносики бульбочкові (*Sitona* sp.), метелик лучний (*Loxostege sticticalis* L.), вогнівка акацієва (*Etiella zinckenella*), совка люцернова (*Heliothis dipsacea*), кліщ павутинний (*Tetranychus urticae*) і личинки коваліків (*Elaterridae*).

Ключові слова: соя, шкідники, ентомофауна, видовий склад, ареал.

Khasai R.G., Stankevych S.V., Zhukova L.V., Zabrodina I.V., Melenti V.O. Pests of soybean agroecosystems in Ukraine and the world: an expanded review

Soybean is the main protein and oil crop in world agriculture. It occupies an important place in the structure of crops, grain, feed and food balances. It is a strategic crop in solving the global food problem, therefore it is grown on all continents in the main agricultural regions of our planet. In recent years, soybean has no equal in terms of the growth rate of crops and production volumes. Although Ukraine ranks first in Europe in terms of soybean cultivation area, its yield does not yet meet its potential. One of the factors limiting potential productivity is pests. Protecting soybeans from them is an important and relevant component for obtaining consistently high yields while simultaneously improving seed quality. This has been especially clearly observed in recent years, due to the growth of sown areas and increased yields due to the introduction of intensive soybean cultivation technologies. But it should be borne in mind that soybeans are damaged by many species of harmful insects at all stages of organogenesis, and crop losses can reach 30–40%. In total, more than 500 species of insects harmful to soybeans have been described in the world. Their largest number is in Asian countries, which is quite understandable, because it is from this region that soybean culture originates. The most harmful are the green bug (*Nezara viridula*), the soybean fruit fly (*Leguminivora glycinivorella*), the stem fly (*Melanagromyza sojae*), and the acacia firefly (*Etiella zinckenella*). On the American continent, the green bug (*Nezara viridula*) and the scoop *Anticarsia gemmatilis* cause great damage. In Europe, the most harmful are the acacia firefly (*Etiella zinckenella*) and the thistle (*Vanessa cardui*). Over 110 species of soybean pests have been described in Ukraine, of which the most dangerous are the sprout fly (*Delia platura*), tuber weevils (*Sitona* sp.), meadow moth (*Loxostege stricticalis* L.), acacia firefly (*Etiella zinckenella*), alfalfa mealybug (*Heliothis dipsacea*), spider mite (*Tetranychus urticae*) and blackbird larvae (*Elateridae*).

Key words: soybean, pests, entomofauna, species composition, range.

Постановка проблеми. За посівними площами і валовими зборами зерна соя нині є головною зернобобовою культурою Світу. Таке велике поширення пояснюється універсальністю її використання як важливої продовольчої, технічної і кормової культури. Це зумовлено сприятливим поєднанням у насінні органічних та мінеральних речовин. Висока цінність сої визначається насамперед високим умістом повноцінного білка, який за амінокислотним складом наближається до тваринних білків і добре засвоюється людиною та тваринами. Соя це важлива технічна культура, яка займає перше місце у світовому виробництві рослинної олії, яку використовують у їжу та для виробництва столового маргарину, лецитину. Соя є давньою культурою. Установлено, що в країнах Південно-Східної Азії вона була відома ще за 4 000 років до н. е. У Європі соя з'явилася наприкінці XVIII ст. В Україні посіви сої сягають 1,7 млн га (біля 23 % площі всіх олійних культур). Середні урожаї сої – 1,6–1,8 т/га, у кращих господарствах України сягають 2,5–3,0 т/га [4, 5]. Однією з головних перешкод для отримання високих урожаїв сої часто є життєдіяльність шкідливої ентомофауни, яка понині залишається не достатньо вивченою для України. Поряд із щорічним розширенням посівних площ зайнятих цією культурою поступово наростає кількісний та якісний склад шкідників та їх значення. Більшість із них є поліфагами. У роки сприятливі для розвитку шкідники вони здатні знищити до 50 % урожаю і більше. Також шкідники можуть значно вплинути на якість насіннєвого матеріалу і завдавати шкоди зерну під час зберігання. Отже актуальним є вивчення процесу формування шкідливої ентомофауни соєвих агроценозів. Єдиної теорії, яка б пояснювала формування ентомокомплексу в агроценозах сільськогосподарських культур нині немає. Відомо, що для кожного виду притаманна певна оптимальна обумовлена спадково щільність популяцій, відхилення від якої негативно позначаються на темпах розмноження та життєдіяльності особин. Важливим чинником є потенціал розмноження, так як за ним визначають чисельність, а отже і шкідливість та економічне значення кожного виду [28, 29, 30, 31, 32]

Матеріал і методика досліджень. З метою встановлення домінуючих видів шкідників сої, котрі можуть мати економічне значення проаналізовано понад 50 вітчизняних та закордонних літературних джерел щодо структури ентомокомплексу соєвих агроценозів.

Результати та обговорення. Аналіз літературних джерел свідчить про відмінність у видовому складі шкідників сої і різних регіонах її вирощування. Загалом світовій ентомофауні нараховується понад 380 потенційно шкідливих видів [27].

Найбільше видів описано у країнах Азіатського регіону звідки і походить культура сої. Наприклад у Японії, на сої описано біля 220 видів комах, із них 30 видів є економічно значущими [25]. Найбільшої шкоди спричиняє незара зелена (*Nezara viridula* L.), вогнівка акацієва (*Etiella zinckenella* Tr.), плоджерка соєва (*Leguminivora glicinivorella* Mats.) та листовійка *Matsumura phaseoli* Mats. [12]. Обстеження посівів сої та дослідження мухи стеблової мухи (*M. sojae* Zehntner) проводили на острові Кюсю (Японія) [45] де цей шкідник широко розповсюджений і щороку завдає шкоди усім бобовим культурам, розвиваючись у 4 поколіннях за рік. Дослідження показали, що муха стеблова (*M. sojae* Zehntner) трапляється із травня по жовтень. У стеблах сої личинки з'являлися у червні. Відмічається, що при ранніх строках посіву у червні не було виявлено жодних пошкоджень, а при пізньому посіві відмічали 100% пошкодження стебел.

В Індії ентомолог Флетчер у 1922 р. [21] був першим хто описав 9 видів шкідників сої. В подальшому ентомологом Ганградом (1962) [23] в індійському штаті Мадхья-Прадеш на сої було описано біля 85 видів комах із 6 рядів та кліщів описані, а дослідник Саксена у 1972 р. [38] описав у тому ж штаті лише 32 комахи. Понад 65 видів комах, які пошкоджують сою від фази сім'я'долей до збирання урожаю описано у індійському штаті Карнатака [10, 35, 48]. Серед них муха стеблова (*Melanagromyza sojae* Zehntner) і мінер листовий (*Aproaerema modicella* Deventer), викликають 100 % пошкодження та зниження врожаю на 20–30 % [41]. У кінці 90-х років XX ст. кількість описаних видів збільшилась аж до 270 видів комах, 1 кліща, 2 багатоніжок, 1 равлика і 10 хребетних [43]. За даними деяких вчених [17] муха стеблова (*M. sojae* Zehntner), як правило, пошкоджує сою на протязі усього сезону. Спочатку шкода незначна і свого максимуму досягає на 5–8 тижні після висіву і знижується до кінця сезону. В той же час іншими авторами відмічається, що шкідливість мухи стеблової (*M. sojae* Zehntner) різко зростає у III дек. серпня, а пошкодженість збільшується з 72,0 до 98,9 % у I дек. вересня [42]. Ентомолог Патіл у 2002 р. [34] виявив, що шкода від мухи стеблової (*M. sojae* Zehntner) висока у штатах Мудхале (14,45 %), Гокак (16,20 %), Джахманді (14,80 %), Атані (14,45 %), Райбаг (16,30 %). Ентомологи Рей у 1973 р. [35] та Адимані у 1976 р. [10] відмічали, що максимальної шкоди завдають личинки мінера *Stomopteryx subsecivella* Zeller, листоїда *Lamprosoma indicata* F. і гусениці ведмедиці *Spinalosoma obliqua* Walker.

В Таїланді на посівах сої описано 17 видів шкідливих комах серед яких домінує муха стеблова (*M. sojae* Zehntner). Також відмічається, що за умови вирощування у змішаних посівах сої та кукурудзи, на сої зустрічаються ті ж самі шкідники, а їхня шкідливість не змінюється. В той же час, вирощування сої у монокультурі призводить до збільшення кількості шкідників порівняно з вирощуванням у сівозміні [52].

У тропічній і субтропічній Азії та в регіоні Тихого океану муха стеблова (*M. sojae* Zehntner) теж є одним із найбільш небезпечних шкідників сої. Самиці відкладають яйця на листки, а далі личинка з листків проникає у стовбур рослини,

де робить ходи і заляльковується [51]. Пошкодження візуально не є помітним на рослині. Помітити їх можна лише після розтину стебла [47].

В Корей і Північно-Східному Китаї на сої розповсюджене сонечко 28-крапкове картопляне (*Epilachna vigintimaculata* Motsh) та плодожерка соєва (*Laspeyresia glycinivorella* Mats), які знижують врожай зерна на 80 % і більше [13].

У В'єтнамі найбільш шкідливою і поширеною також є муха стеблова (*M. sojae* Zehntner), яка пошкоджує до 90 % рослин сої [52].

В Індонезії ентомологи відмічають, що вогнівка *Etiella hobsoni* Butler знищує до 80 % соєвих бобів [11, 12].

Крім Азійського регіону соя широко поширена на Американському континенті у Мексиці, Бразилії, Аргентині та США [13]. Так у США соя за площею займає 3-тє місце після пшениці та кукурудзи. У штаті Арканзас на посівах сої було визначено 267 видів шкідників [49]. У результаті зростання посівних площ сої, особливо монокультурних, пошкодження комахами суттєво збільшилися [39]. Дуже небезпечним шкідником є совка кукурудзяна (*Helicoverpa* (= *Heliothis*) *zea* (Boddie)), яка в основному пошкоджує боби, а у південних штатах ще і листки сої. Протягом періоду вегетації кожна гусениця може пошкодити 6–8 бобів [4, 32]. Також насіння пошкоджує листовійка *Leguminivora glycinivorella* (Obraztsov) та вогнівка акацієва (*E. zinckenella* Tr.) [26]. Також великої шкоди завдає совка бавовникова (*Helicoverpa armigera* Hb). Із твердокрилих особливо шкідливими є жук квасолевий мексиканський (*Epilachna varivestis* Mulsant), який пошкоджує листки, квітки та молоді боби [22]. Бульбочки на коренях пошкоджують личинки мухи *Rivellia quadnifasciata* Macquart із родини Platystomatidae. Сім'ядолі у ґрунті та проростки за умов холодної весни пошкоджують личинки мухи квіткової (*Hylemya platura* Moig). Значного розповсюдження на сої отримали такі клопи як клоп зелений (*N. viridula* L.), *Acrosternum hilare* Say і *Euschistus servus* Say, у котрих шкодять як дорослі особини так і личинки, які висмоктують сік з усіх частин рослин. Пошкодження недозрілого насіння, призводить до змін у хімічному складі соєвої олії: збільшується вміст пальмітинової, олеїнової та стеаринової кислот, а вміст ліноленої та лінолевої кислот – знижується. Погіршуються також і посівні якості насіння [37].

У Бразилії гусениці совки *Anticarsia gemmatalis* (Hüb) складають до 80 % від загальної кількості гусениць лускокрилих, котрі живляться листками сої [46]. В період наливу зерна боби пошкоджують клопи. Клоп зелений (*Nezara viridula* L.) складає 60–68 % від загальної чисельності клопів на посівах сої [24], у зв'язку з цим відсоток зерен, пошкоджених цим видом, складає до 70 %, клоп *Piezodorus guildini* Westwood складає ще 25 % від усіх клопів, а інші види – 5 % [36].

В Аргентині пошкодження насіння клопами становить 100 %. Найбільш уразливими до пошкодження сисними шкідниками рослини є у фазі зав'язування бобів, коли всього 10 клопів на 1 м² викликають 100 % пошкодження бобів [50].

На африканському континенті у Єгипті дуже значної шкоди завдає совка бавовникова єгипетська (*Spodoptera littoralis* Boisduval) [15]. Її гусениці пошкоджують понад 90 економічно важливих культур, основними з яких є соя, бавовник та інші. Інтенсивне використання пестицидів проти цього шкідника призвело до стійкості проти обробок інсектицидами, які зареєстровані у Єгипті [14].

В Європейських країнах є значні відмінності у видовому складі шкідників та їхньому розповсюдженню. У Сербії виявлено 23 види комах із яких найбільш шкідливими є гусениці вогнівки акацієвої (*Etiella zinckenella* Tr.) [40]. Крім того до зони середньої шкідливості цієї вогнівки належать південь України, Ростовська

область, Краснодарський та Ставропольський краї і Нижнє Поволжя, де втрати врожаю зернобобових культур у середньому складають 5–6 %. До зони слабкої шкідливості (втрати урожаю, зазвичай, нижче за 5 %) належить Європейській частина колишнього СРСР та його азійська частина на території з середньою температурою липня не нижче 20 °C [4, 32].

Дослідження проведені у Німеччині, показують, що великої шкоди посівам сої завдають гусениці совки бавовникової азійської (*Spodoptera litura* F.) та совки *Thysanoplusia orichalcea* F. [16].

На південному сході Франції, де порівнянно недавно стали вирощувати сою, найбільш шкідливим є кліщ туркестанський (*Tetranychus turkestanii* (Ugarov & Nikolskii)) [18].

У Латвії описано небагато фітофагів на сої – біля 20 видів. Найбільш шкідливою є совка бавовникова (*Heliothis armigera* Hüb.) [41].

В Туреччині на сої було відмічено 18 видів комах і 1 вид кліща. Найбільш поширеними є кліщ павутинний (*Tetranychus urticae* CL Koch.), клоп зелений (*N. viridula* L.), гусениці карадрини (*Spodoptera exigua* Hub.), совки-гамми (*Autographa gamma* L.), совки бавовникової (*Heliothis armigera* Hub.) і сонцевика будякового (*V. cardui* L.) [53].

В останні роки значної шкоди посівам сої, завдає також сонцевик будяковий (*Vanessa cardui* L.). Відомі спалахи розмноження шкідника, зареєстровані в Європі у 1973, 1996, 2001 і 2005 рр. У 1996 р. мільйони метеликів спостерігалися у Великобританії, а у 2005 р. зафіксовано максимальний спалах сонцевика за всю історію спостережень. Максимальне переміщення комах у полі зору сягало 3 особини на секунду. У Південній Каліфорнії у 2005 р. за приблизними оцінками пролітало приблизно 1 млрд метеликів. Зграї були такі великі, що їх приймали за зграї птахів [4, 32].

Цей шкідник є справжнім космополітом і поширений у всьому світі. Масові розмноження на берегах Північної Африки та крайніх ділянках Сахари, спонукають шкідника до міграцій. Перелітаючи Середземне море, метелики розселяються всією Європою, а східна частина мігрантів, пролітаючи Малу Азію транзитом, досягають узбережжя Кавказу. Метелики сонцевика рухаються зграями і, використовуючи попутні потоки повітря, долають щодня відстані до 500 км. В період льоту метелики живляться нектаром. У Європі протягом літа відроджується нове покоління. Довгий час учені не знали, чи повертаються ці комахи восени до Африки, де з'явилися на світ їх батьки. Але у 2012 р. група радарної ентомології британського центру сільськогосподарських досліджень Rothamsted Research підтвердила, що осіння міграція дійсно існує. Встановлено, що на південь метелики летять на великій висоті, і тому їх рідко вдається побачити [4, 32].

У 2019 р. був зафіксований масовий літ метеликів по усьому світу. Велику кількість шкідника спостерігали у Центральній Азії (Узбекистан та Таджикистан). У березні 2019 р. в Ізраїлі було зафіксовано одні з найбільших міграцій цього виду, особливо в прибережних районах центральної та північної частини країни, а також у пустелі Арава. Попередню масову міграцію було зафіксовано у 2014 р., але тоді їх було в десятки разів менше. За підрахунками учених, через Ізраїль у бік Кіпру, Туреччини і південних районів Європи пролетіло вже від 700 млн до 1 млрд метеликів. В Україні у 2019 р. також спостерігали велику кількість метеликів цього виду [4, 32].

Вітчизняний дослідник А. В. Фокін шукав причину масової появи сонцевика будякового в Україні у 2009 р. На його думку вона пов'язана із міграцією метеликів з південно-західного регіону (Італія, Греція, Албанія, Румунія, Туреччина) у північно-східному напрямі [1, 9].

На початку 90-х рр. XX ст. на Північному Кавказі ентомологи О.М. Шабалта та Нгуен Тхі Чат виявили 54 види шкідників, із яких 20 видів віднесені до списку шкідників сої вперше. Найбільш численними були представники ряду лускокрилих – 20 видів, напівтвердокрилих – 12 видів, твердокрилих – 8 видів, прямокрилих – 7 видів, рівнокрилих і трипсів – по 3 види, а також 1 вид кліща [4, 32].

На посівах сої у південно-східному Казахстані описано біля 60 видів фітофагів, з яких відчутної шкоди завдають: кліщ павутинний туркестанський (*T. turkestanicus* Ug. et Nik.), попелиця бобова (*Aphis fabae* Sc.) і попелиця баштанна (*A. gossypii* Glov.), цикадка зелена (*Cicadella viridis* L.) і цикадка смугаста (*Psammotettix striatus* L.), клоп польовий (*Lygus pratensis* L.), клоп люцерновий (*Adelphocoris lineolatus* G.), клоп буряковий (*Polymerus cognatus* F.) та клоп смугастий (*Graphosoma lineatum* L.), трипс тютюновий (*Thrips tabaci* Lind.), совка озима (*Agrotis segetum* Schiff.), совка конюшинова (*Discestra trifolii* Hufn.) та совка люцернова (*Heliothis virescens* Hufn.). Період інтенсивного живлення шкідників співпадає з критичними періодами розвитку рослин сої, що разом з іншими несприятливими умовами негативно відображається на їхній продуктивності [4, 32].

В умовах Далекосхідного регіону у 50–60-х рр. XX ст. в посівах сої було описано 78 видів потенційно шкідливих комах, із яких 45 видів були виявлені вперше. Серед них лускокрилих – 48 видів, або 60 % від усієї шкідливої фауни, клопів – 9 видів або 11,5 %, жуків – 8 видів або 10 %, прямокрилих – 7 видів або 10 %. Частка представників інших рядів (рівнокрилі, трипси, двокрилі) не перевищує 10 % [4, 32].

У 2000 р. в Приамур'ї було виявлено близько 100 видів членистоногих, здатних спричиняти шкоду сої. Найбільш поширеними шкідниками у цьому регіоні є: листоїд полиновий (*Luperodes menetriesi* Fald.) – поліфаг, який пошкоджує сім'ядолі, стебла та листки; метелик лучний (*Loxostege stricticalis* L.) – поліфаг та плодояжерка соєва (*Laspeyresia glycinivorella* Mats.) – спеціалізований шкідник який пошкоджує боби [4, 32].

У 1999–2002 рр. дослідження щодо уточнення видового складу шкідників сої проведені в Краснодарському краї виявили 98 видів фітофагів, які в різному ступені здатні пошкоджувати сою [4, 32].

В Україні на сої у 70-х рр. XX ст. було визначено 68 шкідливих видів, з яких найбільш небезпечні – муха паросткова (*Delia platura* (Meigen)), довгоносики бульбочкові (*Sitona* sp.), метелик лучний (*Loxostege stricticalis* L.), вогнівка акацієва (*Etiella zinckenella* Tr.), совка люцернова (*Heliothis dipsacea*), кліщ павутинний (*Tetranychus urticae* Koch.) та личинки коваликів (Elateridae). Пізніше, у 1983 р., список шкідників розширився до 72 видів комах, кліщів та слимаків. Станом на 2009 р. він налічує вже 114 видів членистоногих [2].

У 2010–2012 рр. М. П. Секун та В. В. Березовська-Бригас у Північному Лісостепу України виявила 39 видів комах і 1 вид кліща. Частка видів з ряду Coleoptera була 44,1 % від усіх шкідників [7].

За данини Н.В. Лутицької та С.В. Станкевича у Східному Лісостепу України значної шкоди посівам сої завдають довгоносики бульбочкові (*Sitona* sp.): щетинистий (*Sitona crinitus*) і смугастий (*S. lineatus*); клоп люцерновий (*Adelphocoris lineolatus*), довгоносик чорний, вогнівка акацієва (*Etiella zinckenella*) і сонцевик будяковий (*Vanessa cardui*) (у роки масових розмножень) [4, 32].

Висновки

1. Проведений нами аналіз вітчизняних і зарубіжних літературних джерел вказує на те, що сою по всьому Світу, а видовий склад шкідників цієї надзвичайно

різноманітний. З розширенням посівних площ сою починають заселяти нові види шкідників внаслідок адаптації до живлення цією рослиною.

2. У світовій науковій літературі описано понад 500 видів комах шкідливих на сої. Найбільша їхня кількість у країнах Азії, що є цілком зрозумілим, адже саме з цього регіону походить культура сої. Найбільш шкідливими є багатоїдний шкідник клоп зелений (*Nezara viridula*) та спеціалізовані види: плоджерка соєва (*Leguminivora glicinivorella*), муха стеблова (*Melanagromyza sojae*) і вогнівка акацієва (*Etiella zinckenella*).

3. На Американському континенті, в таких країнах, як Аргентина, Бразилія, Мексика та США великої шкоди завдають клоп зелений (*Nezara viridula*) та совка *Anticarsia gemmatilis*.

4. У Європі видовий склад шкідників на сої формувався з місцевих багатоїдних видів і спеціалізованих шкідників однорічних бобових культур. Найбільш шкідливими є вогнівка акацієва (*Etiella zinckenella*) та сонцевик будяковий (*Vanessa cardui*) у роки спалахів чисельності.

5. В Україні загалом описано понад 110 видів шкідників сої, з яких найбільш небезпечними є муха паросткова (*Delia platura*), довгоносики бульбочкові (*Sitona sp.*), метелик лучний (*Loxostege strictalis* L.), вогнівка акацієва (*Etiella zinckenella*), совка люцернова (*Heliothis dipsacea*), кліщ павутинний (*Tetranychus urticae*) і личинки коваликів (Elateridae).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Білявський Ю.В. Сонцевик будяковий (*Vanessa cardui* L.). *Науково – технічний бюлетень олійних культур НААН*. 2010. № 15. С. 68–72.
2. Грикун О.А. Соя. *Сучасні технології АПК. Вирощування сільськогосподарських культур*. Київ, 2011. С. 98–115.
3. Лутицька Н.В., Станкевич С.В. Видовий склад комах-фітофагів сої у Східному Лісостепу України. *Матер. Міжнар. науково-практичної конференції факультету захисту рослин харківського національного аграрного університету ім. В. В. Докучаєва «Фундаментальні і прикладні проблеми сучасної екології та захисту рослин» 11–12 жовтня 2018 р.* Харків: ХНАУ, 2018. С. 74–76.
4. Лутицька Н.В., Станкевич С.В. Шкідлива ентомофауна сої у світі та Україні. *Вісн. Харк. нац. аграр. ун-ту ім. В. В. Докучаєва. Серія "Фітопатологія та ентомологія"*. 2019. № 1–2. С. 79–87.
5. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В. Соя: культура унікальних можливостей: довідкове видання. Київ: Юнівест Медіа, 2016. 224 с.
6. Рожков А. О., Огурцов Є. М. Рослинництво: навч. посібник. Харків: Тім Пабліш Груп, 2017. 363 с.
7. Секун М. П., Березовська-Бригас В. В. Особливості формування структури шкідливої ентомофауни агроценозу сої у Північному Степу України. *Наукові доповіді НУБіП*. 2013-1 (37). С. 393–397.
8. Станкевич С., Лутицька Н. Непрохані гості. *The Ukrainian Farmer*. 2019. № 12 (120). С. 82–84.
9. Фокін О. В. Причини масової появи чортополохівки в Україні. *Захист і карантин рослин*. 2010. № 6. С. 55–56.
10. Adimani B.D., Studies on insect pests of soybean (*Glycine max* (L) Merrill) with special reference to the bionomics and control of the pod borer, *Cydia ptychora* Myr (Tiotricidae: Lepidoptera) *Thesis. Univ. Sci. Bangalore (India)*, 1976. P. 149.
11. Atsushi N. Characteristics of *E. hobsoni* (Butler), the newly reeognized podborer of soybean in Indonesia as compared with *E. zinckenella*, *S.A.R.Q. Arg. Res Quart.* 1987. V. 20. №2. P. 154–160.

12. Atsushi N. Ecology of the soybean podbores, *E. zinckenella* and *E.hobsoni* (Butler). *Contr. Cent. Inst. Food Crops*. 1984. V. 71. P. 15–35.
 13. Avoy T.S. Feeding and developmental rates of the Mexical bean beetle en soybeans *J. Econ Entomol.* 1979. V. 72. №6. P. 835–836.
 14. Aydin M. and Gurkan M. The efficacy of spinosad on different strains of *Spodoptera littoralis* (Boisduval) (Lepidoptera: Noctuidae). *Turk. J. Biol.* 2006. 30 (1). P. 5–9.
 15. Azab S., Sadek M., Crailsheim K.. Protein metabolism in larvae of the cotton leaf worm *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Noctuidae) and its response to three mycotoxins. *J. Econ. Entomol.* 2001. 5. P. 817–823
 16. Babu M.H., Bhattacharya A.R., Kathore Y.S. Rate of intake, growth and digestibility of three Lepidopterous insects on soybean and green gram. *IIZ. angew. Entomol.* 1979. V. 87. №3. P. 322–327.
 17. Berg H., Ankashah D., Hassan K. et all. Soybean stem fly, *M. sojae* on Sumatra: Seasonal incidence and the role of parasitism. *International J. Pest Manag.* 1995. 41 (3). P. 127–133.
 18. Blane M. L'acarien jaune db soja: L'evolution du ravageur dans le sud-Est de la France. *II Del. veg.* 1988. V. 42. P. 19–20.
 19. Brandon J.F., Ariane C.S., Tempest Y.J. et all. Insect-Protected Event DAS-81419-2 Soybean (*Glycine max* L.) Grown in the United States and Brazil Is Compositionally Equivalent to Nontransgenic Soybean. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2015 URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4342727/>.
 20. Butterfly Conservation. URL: <https://butterflyconservation.org/search?query=Vanessa+cardui>.
 21. Fletcher K.E. Report of the imperial entomologist. *Sci. rep. Agric. Res. Inst., PUSA*. New Delhi. 1922. P. 41–59.
 22. Funderburk J.E. Effects of actual and simulated seed corn maggot (Diptera: Anthomyidae) damage on soybean growth and yield. *Pedigo II Environ. Entomol.* 1983. V. 12. № 2. P. 233–330.
 23. Gangrade G.A. Assessment of damage to tur (*Cajanus cajan*) in Madhya Pradesh by the tur pod fly, *Malanagromyza obtuse* Malloch. *Indian. J. Agric. Scince.* 1962. № 33. P. 17–20.
 24. Jones W.A., Sullivan M.J. Susceptibility of certain soybean cultivars to damage by stink-bugs. *II J. Econ Entomol.* 1978. V. 71. № 3. P. 534–536.
 25. Kobayashi Y. Majer insect pests and their control. *Agr. Asia.* 1970. V. 14. № 17. P. 150–154.
 26. Kobayashi T., Toshio O. Sampling lepidopterous pod borers on soybean. *II Sampling. Moth, Soybean Entomol.* 1980. № 6. P. 442–437.
 27. Luckmann, W. H. The insect of soybean. *Word Farm.* 1971. 13 (5). P 18–19.
 28. Lutytska N., Stankevych S., Jelínek M., Schmidtke K., Hueck J. Species composition of insect pests of soybean in Ukraine and in the World. *Захист і карантин рослин у XXI столітті: проблеми і перспективи. Матеріали II Міжнар. наук.-практ. конф., присвяченої ювілейним датам від дня народження видатних вчених-ентомологів докторів біологічних наук, професорів О.О. Мігуліна та О.В. Захаренка (м. Харків, 19–20 жовтня 2023 р.)*. Харків: 2023. С. 180–182.
 29. Lutytska N., Stankevych S., Mikheeva O., Ogurtsov E., Mikheev V. Species composition of insect pests of soybean in Ukraine and in the world. Plants protection and quarantine in the 21st century: problems and development prospects. Monograph. Edited by S. Stankevych, O. Mandych. Tallinn: Teadmus OÜ, 2023. P. 6-20.
 30. Lutytska N.V., Stankevich S.V. *Vanessa cardui* L. on soybean crops in the eastern forest steppe of Ukraine. *Scientific discussion*, 2021. No 56. P. 3–7.
 31. Lutytska N.V., Stankevych S.V., Romanov O.V., Mikheev V.G., Balan H.O. Harmfulness of pea pod borer (*Etiella zinckenella* Tr. 1832) on soybean in the eastern forest – steppe of Ukraine. *Ukrainian journal of ecology*. 2021. №11 (7). P. 77–86. DOI: 10.15421/2021_244
-

32. Lutytska, N.V., Stankevych, S.V., Zabrodina, I.V., Baidyk, H.V., Lezhenina, I.P., Nakonechna, Yu.O., Molchanova, O.A., Melenti, V.O., Golovan, L.V., Klymenko, I.V., Zhukova, L.V., Romanov, O.V., Romanova, T.A. (2019). Soybean insect pests: A review of Ukrainian and world data. *Ukrainian Journal of Ecology*, 9(3), 208–213. DOI: 10.15421/2019_731
33. Nguyen T.B., Nguyen T.Y., Tran D.L. Son bent hai dau nanh va bien pheng tri. *Kritski II Khoa pock y th nat nong nghiep*. 1988. №8. P. 349–352
34. Patil R.H. Evaluation of insect pest management components in soybean ecosystem. *Ph. D. Thesis, Univ of Agric.Sci.Dharwad (India)*. 2002. P. 63.
35. Rai P.S., Sheshareddy K.V., Govindan R. A list of insect pests of soybean in Karnataka state. *Curr. Res.* 1973. V. 2. P. 97–98.
36. Ramachandran R. Effect of soybean genotypes on the behavior fitness and performance of insect natural enemies. *19 Int. Congr. Entimol., Beijing, June 28 – July 4 1992. Abstr.* Beijing, 1992. P. 298.
37. Reynard M. Granular systemic insecticides applied in furrow for control of certain soybean insect pests. *Entomol. Soc.* 1976. №2. P. 215–220.
38. Saxena D.K. Arthropod pests of soybean in Madhya Pradesh and their control. *Pesticidies*. 1972. 6 (4). P. 17–19
39. Schillinger S. Host plant resistance to insects in soybean. *World soybean Res.* 1976. P. 579–584.
40. Simova T.D. Pojava indentifikacija najanacajnijih stetnil insecta soja u sr. Srbiji. *Zast. Bilja*. 1988. V. 39. P. 17–24.
41. Singh J.P. Pest of soybean . *Pesticidi*. 1973. V. 7. №9. P. 24–27
42. Singh O.P., Singh K.J. Efficacy and economics of some emulsifiable concentrate insecticides against *Melanagromyza sojae* (Zehntner) and *Chrysodeixis acuta*(Walk) on soybean. *J. Insect. Science*. 1990. 3 (1). P. 77–82.
43. Singh O.P., Singh K.J. Insect pests of soybean and their management. *Indian Farming*. 1990. № 39 (100). P. 9–14.
44. Stankevych S.V., Vasylieva Yu.V., Golovan L.V., Zabrodina I.V., Lutytska N.V., Nakonechna Yu.O., Molchanova O.A., Chupryna Yu. Yu., Zhukova L.V. (2019). Chronicle of insect pests massive reproduction. *Ukrainian Journal of Ecology*, 9 (1), 262–274.
45. Suenaga H. On the soybean stem miner (*Melanagromyza sojae*) *Shokubutsu Boeki. Japanese*. 1953. № 7. P. 264–266.
46. Tadd J. World Soybean Res. *Proc. World Soybean Res. Conf. Danville*. 1976. P. 611–618.
47. Talekar N.S., Chen B.S. Seasonality of insect pests of soybean and Mung bean. *J. Econ.Entomol.* 1983. №76. P. 34–37.
48. Trippaiah M. Bioecology of semilooper, *Trichoplusia orichalcea* (Fab.) (Noctuidae: Lepidoptera) with observation on other pest complex of soybean and their management. *M. Sc.(Agri.) Thesis, Univ of Agric Sci, Bangalore (India)*. 1997.
49. Tugwell P., Rouse E.P., Thompson R.C. Insects in soybeans and a weed host (*Desmodium* sp). *Ask. Agric. Expet. Stn., Report Service*. 1973. № 214. P. 3–18.
50. Vaishamayan S.M. Sampling whiteflies on soybean. *Sampling Meth Soybean Entomol.* New York. 1980. P. 305–311.
51. Vander Goot P. Agromyzid flies of some native legume crops in java. (Перекладено з голандської мови у 1984 р.). *Tropical Vegetable information services, Asian Vegetable Research and Development Centre, Shanhua, Taiwan, republic of China*. 1930.
52. Yoshimeki M. Insect pests of maizo and soybean. *Techn. Bull. Trop. Agr. Res. Cent.* 1986. № 20. P. 204–206.
53. Zumreoglus S. Sampling lepidopterous pod borers on soybean. *Turk. Entomol. Olg.* 1987. V. 11. № 4. P. 215–225.

УДК 633.853.494:632.4:631.95

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.144.27>

ФУНГІЦИДНИЙ ЗАХИСТ РІПАКУ ЯРОГО В УМОВАХ ПІВДЕННОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

Ходос Т.А. – д.філос.,

старший викладач кафедри ботаніки та захисту рослин,
Херсонський державний аграрно-економічний університет
orcid.org/0000-0002-7744-1424

Урсал В.В. – к.с.-г.н.,

доцент кафедри ботаніки та захисту рослин,
Херсонський державний аграрно-економічний університет
orcid.org/0000-0002-8562-0406

У сучасних умовах інтенсифікації сільськогосподарського виробництва захист олійних культур від хвороб набуває особливого значення. Ріпак ярий як одна з найважливіших олійних культур України потребує ефективного захисту від комплексу грибних патогенів, які можуть призводити до значних втрат урожаю та погіршення якості насіння.

У статті представлено результати досліджень фітосанітарної ефективності сучасних хімічних та біологічних препаратів для захисту ріпаку ярого від основних хвороб в умовах незрошуваного землеробства Південного Степу України.

Вивчалася ефективність передпосівної обробки насіння двох сортів ріпаку ярого (Отаман та Хіола 575 КЛ) препаратами різних механізмів дії: Акробат (2 кг/т), Максим XL 035 FS (5 л/т), BINOC/Cornex (6 л/т) та Фітоцид (3,0 л/т) проти альтернаріозу, пероноспорозу та фомозу. Оцінку проводили за стандартними фітопатологічними шкалами у критичні фази розвитку культури: сходи, 4-6 листків, бутонізація, цвітіння та дозрівання.

Встановлено, що в контрольному варіанті розвиток хвороб у фазі цвітіння досягає критичних значень: альтернаріоз – 4,7-8,5%, пероноспороз – 6,2-9,1%, фомоз – 6,3-8,6%. Найвищу фунгіцидну ефективність показали біологічні препарати на основі живих мікроорганізмів. BINOC/Cornex знижує ураженість альтернаріозом на 69,4-72,3%, пероноспорозом на 61,5-83,9%, фомозом на 64,0-88,9%.

Препарат Фітоцид забезпечив зниження розвитку хвороб на 55,8-71,4% залежно від патогена та сорту. Хімічні фунгіциди показали нижчу ефективність: Максим XL 035 FS – 61,7-65,9% проти альтернаріозу, Акробат – лише 7,1-12,8% проти комплексу хвороб.

Виявлено сортові особливості стійкості до хвороб: сорт Хіола 575 КЛ характеризувався підвищеною польовою стійкістю з нижчим рівнем ураженості на 26,7-44,7% порівняно з сортом Отаман. Біологічні препарати проявляли не лише пряму фунгіцидну дію, але й індукували стійкість рослин через активацію захисних механізмів, що забезпечувало тривалий захисний ефект протягом усього періоду вегетації.

Ключові слова: ріпак ярий, альтернаріоз, пероноспороз, фомоз, фунгіциди, фітосанітарна ефективність, індукована стійкість.

Khodos T.A., Ursal V.V. Fungicidal protection of spring rape in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine

In the current conditions of intensification of agricultural production, the protection of oilseeds from diseases is of particular importance. Spring rapeseed, as one of the most important oilseeds in Ukraine, requires effective protection against a complex of fungal pathogens that can lead to significant yield losses and deterioration of seed quality.

The article presents the results of research on the phytosanitary effectiveness of modern chemical and biological agents for protecting spring rapeseed from major diseases under rainfed agriculture conditions in the Southern Steppe of Ukraine.

The effectiveness of pre-sowing treatment of seeds of two spring rapeseed varieties (Otaman and Hiola 575 KL) with preparations of various modes of action was studied: Acrobat (2 kg/ton), Maxim XL 035 FS (5 l/ton), BINOC/Cornex (6 l/ton), and Phytocide (3.0 l/ton) against alternaria, downy mildew, and phoma. The evaluation was conducted using standard phytopathological

scales during critical phases of crop development: seedling, 4-6 leaves, bud formation, flowering, and ripening.

It was established that in the control variant, the development of diseases during the flowering phase reached critical levels: *alternaria* – 4.7-8.5%, downy mildew – 6.2-9.1%, phoma – 6.3-8.6%. The highest fungicidal effectiveness was shown by biological preparations based on live microorganisms. BINOC/Cornex reduced the incidence of *alternaria* by 69.4-72.3%, downy mildew by 61.5-83.9%, and phoma by 64.0-88.9%.

The Phytocide preparation provided a reduction in disease development by 55.8-71.4% depending on the pathogen and variety. Chemical fungicides showed lower effectiveness: Maxim XL 035 FS – 61.7-65.9% against *alternaria*, Acrobat – only 7.1-12.8% against the complex of diseases.

Varietal characteristics of disease resistance were identified: the Hiola 575 KL variety exhibited increased field resistance with a lower level of damage by 26.7-44.7% compared to the Otaman variety. Biological preparations not only demonstrated direct fungicidal action but also induced plant resistance through the activation of protective mechanisms, ensuring a prolonged protective effect throughout the entire growing season.

Key words: spring rapeseed, *alternaria*, downy mildew, phoma, fungicides, phytosanitary effectiveness, induced resistance.

Постановка проблеми. Ріпак ярий є важливою олійною культурою України, проте його продуктивність значною мірою обмежується комплексом хвороб. В умовах Південного Степу України фітосанітарна ситуація на посівах ріпаку особливо складна через поєднання сприятливих для розвитку погодних умов та обмеження можливості проведення своєчасних захисних заходів. Основними хворобами ріпаку ярого в регіоні є альтернаріоз (*Alternaria brassicae*, *A. brassicicola*), пероноспороз (*Peronospora brassicae*) та фомоз (*Phoma lingam*), які формують стійкий патогенний комплекс [1;2].

За даними багаторічного фітопатологічного моніторингу, розповсюдженість цих хвороб у виробничих посівах досягає 40-60%, а в епіфітотійні роки може сягати 80-90% обстежених площ [2;3]. Розвиток хвороб призводить до зниження фотосинтетичної активності листкового апарату, передчасного відмирання листків, пошкодження стручків і насіння, що в кінцевому результаті знижує врожайність на 15-40%, а в окремих випадках втрати можуть досягати 60-70% [4]. Специфіка кліматичних умов регіону, де періодичні роси та тумани на фоні високих денних температур і дефіциту опадів, створює оптимальні умови для розвитку патогенів[1;6]. При цьому проведення обробок фунгіцидами по вегетації часто ускладнюється через нестабільні погодні умови, високу випаровуваність і дефіцит вологи, необхідної для активації системних препаратів[5;7]. Крім того, короткий вегетаційний період ярого ріпаку обмежує кількість можливих обробок фунгіцидами. У цих умовах передпосівна обробка насіння стає основним, а часто єдиним ефективним і економічно виправданим методом захисту культури від хвороб [2;7].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В умовах України найбільш економічно шкідливими є альтернаріоз та фомоз, які знижують врожайність ріпаку на 20-30% навіть при помірному розвитку [8]. В степовій зоні домінують термофільні види патогенів, зокрема *Alternaria brassicicola*, яка розвивається при вищих температурах порівняно з *A. brassicae* і характеризується більшою агресивністю [9]. Препарати на основі флудіоксонілу та металаксилу забезпечують надійний захист від комплексу ґрунтових і насінневих патогенів протягом 30-40 днів після обробки. Встановлено, що ефективність системних фунгіцидів значно залежить від вологості ґрунту та температурного режиму в період проростання насіння [9;10]. Препарати на основі *Bacillus subtilis*, *Trichoderma harzianum* та *Trichoderma viride* проти кореневих гнилей та листкових плямистостей показали високу ефективність. При цьому вони не тільки пригнічують розвиток фітопатогенних

мікроорганізмів, але й стимулюють ростові процеси рослин, підвищують їх стресостійкість і сприяють кращому засвоєнню поживних речовин [11].

Зарубіжні дослідження підтверджують високу ефективність біологічних препаратів на основі *Trichoderma spp.* проти альтернаріозу ріпаку в умовах підвищених температур. Встановлено, що *T. harzianum* продукує специфічні метаболіти, які пригнічують споруючі *Alternaria brassicicola* на 75-85% [12]. Дослідження європейських вчених показали, що комбіноване застосування біологічних агентів з мікродозами хімічних фунгіцидів може підвищити загальну ефективність захисту до 85-90% при одночасному зниженні пестицидного навантаження на 40-60% [13,14].

Проте залишається недостатньо вивченим питання порівняльної фітосанітарної ефективності сучасних хімічних та біологічних препаратів нового покоління в конкретних умовах Південного Степу України, де поєднання екстремально високих температур та дефіциту вологи створює особливі умови для розвитку патогенів та функціонування захисних препаратів. Також потребує додаткового вивчення питання сортоспецифічності дії фунгіцидів і тривалості їх захисного ефекту в умовах стресових факторів довкілля.

Постановка завдання. Метою дослідження було оцінити фітосанітарну ефективність сучасних хімічних та біологічних препаратів для передпосівного обробітку насіння ріпаку ярого від основних хвороб в умовах Південного Степу України [15]. Дослідження проводились протягом 2023 – 2024 рр. Схема включала два сорти ріпаку ярого (Отаман та Хіола 575 КЛ) та п'ять варіантів обробки насіння: контроль, Акробат (2 кг/т), Максим XL035 FS (5 л/т), BINOC/Cornex (6 л/т), Фітоцид (3,0 л/т). Фітопатологічні обстеження проводились у фазі сходів, розетки, стеблування, бутонізації, цвітіння та формування стручків. Ступінь ураження визначали на 100 рослинах у кожному варіанті за загальноприйнятими шкалами. Біологічну ефективність препаратів розраховували за формулою Еббота [16].

Виклад основного матеріалу дослідження. Фітопатологічний моніторинг виявив три основні хвороби ріпаку ярого в умовах дослідження. Альтернаріоз проявлявся вже у фазі 4-6 листків у вигляді характерних темно-бурих плям з концентричними колами. Максимальний розвиток спостерігався у фазу цвітіння. Хвороба уражувала листки, стебла, стручки. Пероноспороз проявлявся з фази розетки у вигляді жовтуватих плям на верхній стороні листків та сірувато – фіолетового нальоту на нижній. При сильному ураженні листки деформувалися та передчасно відмирили. Фомоз уражував кореневу шийку, стебла та стручки. Характерними ознаками були сірувато-бурі плями з чорними пікнідами. При ураженні стебел спостерігалось їх переламування.

Аналіз ефективності препаратів у критичній фазі початку цвітіння виявив суттєві відмінності між біологічними та хімічними засобами захисту (табл. 1, рис. 1).

Детальний аналіз даних виявив диференційовану ефективність препаратів проти різних патогенів. Найвищу комплексну біологічну ефективність продемонстрував біологічний препарат BINOC/Cornex, який забезпечив зниження розвитку альтернаріозу на 69,4% у сорту Отаман та 72,3% у сорту Хіола 575 КЛ. Проти пероноспорозу ефективність становила 61,5% та 83,9% відповідно, що свідчить про високу активність мікроорганізмів-антагоністів проти ооміцетів. Особливо помітна була ефективність проти фомозу – 64,0% та 88,9%, що перевищує показники всіх хімічних препаратів.

Біологічний препарат Фітоцид також показав стабільно високу ефективність проти всіх патогенів: альтернаріоз – 62,4% (Отаман) та 61,7% (Хіола 575 КЛ), пероноспороз – 61,5% та 64,5%, фомоз – 55,8% та 71,4%. Це підтверджує універсальність дії препаратів на основі *Bacillus subtilis*.

Таблиця 1

Ступінь ураження рослин сортів ріпаку ярого хворобами у фазу початок цвітіння за різних варіантів протруювання насіння

Сорт (А)	Препарат (В)	Ураження хворобами, %		
		Альтернاریоз	Пероноспороз	Фомоз
Отаман	Контроль	8,5	9,1	8,6
	Акробат	7,9	4,7	8,0
	Максим XL 035 FS	2,9	3,6	7,0
	BINOC/ Cornex	2,6	3,5	3,1
	Фітоцид	3,2	3,5	3,8
Хіола 575 КЛ	Контроль	4,7	6,2	6,3
	Акробат	4,1	2,5	6,0
	Максим XL 035 FS	1,8	2,7	5,0
	BINOC/ Cornex	1,3	1,0	0,7
	Фітоцид	1,8	2,2	1,8

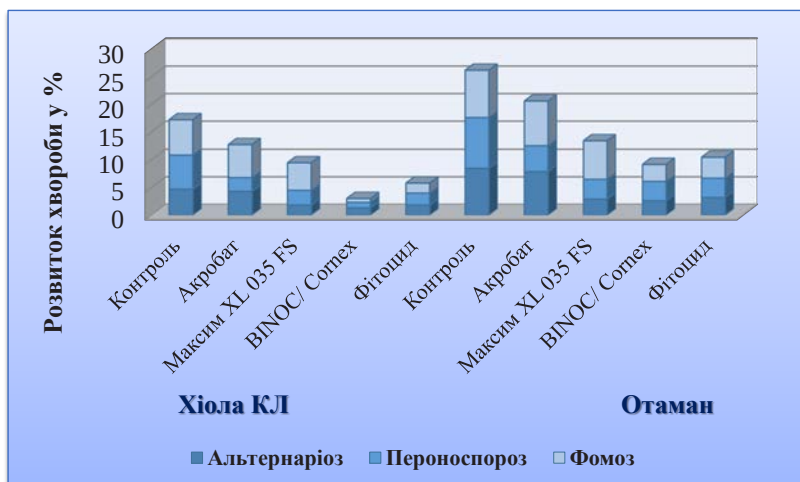


Рис. 1. Вплив обробки насіння на розвиток основних хвороб ріпаку ярого

Серед хімічних фунгіцидів кращі результати показав Максим XL 035 FS завдяки комбінації двох діючих речовин системної дії. Він ефективно контролював альтернاریоз (65,9% та 61,7%) та пероноспороз (60,4% та 56,5%), проте був значно менш ефективним проти фомозу (18,6% та 20,6%). Це пояснюється специфічністю дії флудіоксонілу та металаксил-М, які краще діють на гриби класів *Oomycetes* та *Deuteromycetes*, ніж на збудника фомозу.

Препарат Акробат виявився найменш ефективним, особливо проти альтернاریозу (7,1-12,8%) та фомозу (7,0-4,8%). Лише проти пероноспорозу він показав помірну ефективність (48,4-59,7%), що пояснюється наявністю в його складі диметоморфу – діючої речовини, активної проти збудників пероноспорозу.

Зниження ураження хворобами безпосередньо вплинуло на формування врожайності культури (рис. 2).

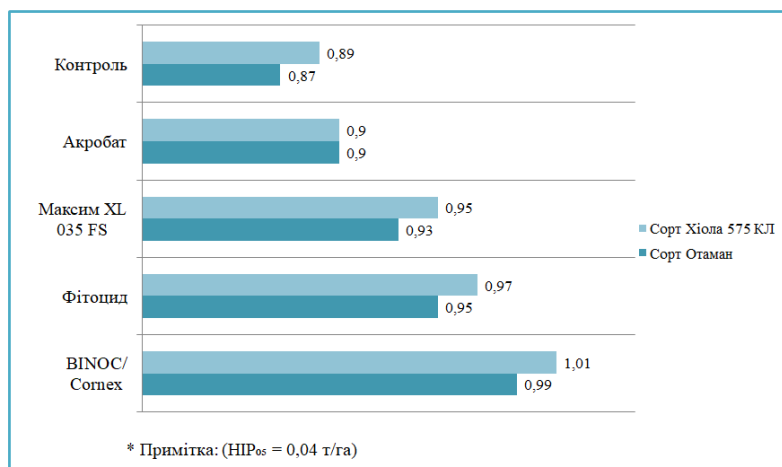


Рис. 2. Ефективність захисту рослин у формуванні врожаю насіння ріпаку ярого

Найвищу врожайність забезпечили біологічні препарати BINOC/Cornex (1,00 т/га) та Фітоцид (0,96 т/га), що на 13,6% та 9,1% відповідно перевищує контроль. Хімічні фунгіциди показали нижчу ефективність: Максим XL 035 FS забезпечив приріст 6,8%, Акробат – лише 2,3%

Висновки. В умовах Південного Степу України основними хворобами ріпаку ярого є альтернаріоз, пероноспороз та фомоз, розвиток яких у контролі досягає 6,6%, 7,7% та 7,5% відповідно до фази цвітіння. Найвищу фітосанітарну ефективність показали біологічні препарати: BINOC/Cornex знизив розвиток альтернаріозу на 69,7%, пероноспорозу на 70,1%, фомозу на 74,7%; Фітоцид – на 62,1%, 62,3% та 62,7% відповідно. Виявлено значні сортові відмінності у стійкості до хвороб: сорт Хіола 575 КЛ був стійкішим, з нижчим рівнем ураження на 26,7-44,7%, що в поєднанні з біологічними препаратами забезпечувало практично повний захист від фомозу (0,7%). На основі результатів дослідження, для ефективного фунгіцидного захисту ріпаку ярого в умовах Південного Степу України рекомендуємо застосовувати для передпосівної обробки насіння біологічні препарати BINOC/Cornex (6 л/т) або Фітоцид (3,0 л/т), які забезпечують високу біологічну ефективність проти комплексу хвороб протягом всієї вегетації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Жуйков О. Г., Ходос Т. А. Фітосанітарний стан агроценозу гірчиці сарептської за різних рівнів біологізації технології вирощування культури в умовах південного степу. *Зрошуване землеробство*. 2022. Вип. 77. С. 36–39..
2. Інститут захисту рослин НААН України. Оперативна інформація щодо фітосанітарного стану посівів сільськогосподарських культур в Україні на 17 червня 2024 р. URL: <https://ipp.gov.ua/operativna-informatsiya-shchodo-fitosani-26/>
3. Головне управління Держпродспоживслужби в Рівненській області. Прогноз розвитку основних шкідників та хвороб сільськогосподарських культур на літній період 2024 року. URL: <https://www.rivneprod.gov.ua/>
4. Zhuykov, O., Lavrenko, S., Khodos, T., Ursal, V. The Productivity of Sareptsky Mustard Depends on the Sowing Rate and the Level of Biologization of the Crop Growing Technology. *Journal of Ecological Engineering*, 2024, 25(7), P. 246–255

5. Агроексперт-Трейд. Основні хвороби ріпаку та як захистити ріпак від хвороб в 2025. URL: <https://agroexp.com.ua/>
6. Агробізнес сьогодні. Хвороби ріпаку та заходи їх обмеження. *Агробізнес сьогодні*. 2012. № 16. С. 30–33.
7. AgroTimes. Ярий ріпак за правилами. URL: <https://agrotimes.ua/>
8. Методологія виділення форм польових культур за стійкістю до комплексу біо- та абіотичних чинників / В.П.Петренкова, та ін. Харків: ФОП Бровін О.В., 2018. 242 с.
9. Урсал В.В., Ходос Т.А. Фітосанітарна роль короткоротаційних сівозмін як важливий чинник біологічного захисту рослин. Сучасні технології та системи захисту рослин: зб. матер. всеукр. наук.-практ. конф. 25 травня 2022 р Херсон. 2022. С. 82 – 84
10. Ретьман С.В., Демченко О.А. Фітопатологічний моніторинг посівів ріпаку в Україні. *Журнал «Захист і карантин рослин»*, 2015. № 61, с. 45–50.
11. Марков І.І. Прогноз розвитку хвороб на ріпаку у 2022 році. *Агроном. Agronomist*, 2022.
12. Соколов М.П., Пасічник Л.А. Біологічні методи захисту ріпаку від хвороб. *Журнал «Захист і карантин рослин»*, 2018. № 65, с. 60–66.
13. Sharma, R., & Patel, N. Efficacy of Trichoderma Strains as Biotic Inducers against Alternaria Leaf Spot of Cauliflower. *International Journal of Bio-resource and Stress Management*, Vol. 13, No. 4, 2022, с. 1–8. DOI: 10.23910/1.2022.5410
1. Martinez, A. Integrated Management of Alternaria Blight in Rapeseed Using Combined Biological and Chemical Approaches. *European Journal of Plant Pathology*, Vol. 157, No. 2, 2023, с. 345–356. DOI: 10.1007/s10658-023-02456-7
14. Задубинна Є., Тарасенко О., Царинок Н. Ресурсозберігаючі технології вирощування ріпаку ярого в короткоротаційних сівозмінах. *Вісник аграрної науки*. 2021. №9. С. 12–18.
15. Трибель С.О., Стригун О.О. Ріпак: проблеми фітосанітарії та підвищення ефективності захисних заходів. *Агробізнес сьогодні*. 2012. №6. С. 28–31.

УДК 635.15:631.5

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.144.28>

СИДЕРАЛЬНА ЦІННІСТЬ КОРЕНЕВИХ РЕШТОК РЕДЬКИ ОЛІЙНОЇ У ПРАКТИЦІ ЛІТНЬОГО СИДЕРАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ

Цицюра Я.Г. – к.с.-г.н., доцент,

доцент кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії,

Вінницький національний аграрний університет

orcid.org/0000-0002-9167-833X

Сучасні системи удобрення поступово переходять на біоорганічні варіанти з частковим заміщенням класичних мінеральних компонентів на природні і екологічно орієнтовані джерела органіки, в тому числі і рослинного походження. Це зумовлено стійким зростанням вартості агрохімічних ресурсів в тому числі мінеральних добрив та їх похідних, зниження загальної доступності класичних органічних добрив тваринного походження за рахунок як зниження поголів'я, так і біоенергетичних технологій їх використання у галузі тваринництва, а також в значній мірі за рахунок стійкої тенденції до деградації ґрунтів та зниження потенціалу їх природньої родючості.

Вказані об'єктивні причини спонукають до повернення ідомих технологічних рішень сидерального удобрення за рахунок використання лінійки різних видів рослин, адаптованих до різних ґрунтово-кліматичних умов та рівнів природньої родючості ґрунтового покриву.

За одинадцятирічний період досліджень з використанням широко поширеного сорту редьки олійної Журавка в умовах нестійкого зволоження на сірих лісових ґрунтах типових для умов Центрального агроґрунтового району Вінниччини для умов весняного строку сівби сидерату та проведення безпосередньо сидерації на другу-третю декаду червня – досліджено як особливості продуктивного накопичення кореневої біомаси рослин-сидерату, так і визначено основні та похідні параметри її біохімічного складу з метою оцінки сидераційного потенціалу кореневих решток.

Для оцінки біопродуктивного потенціалу формування та вихначення основних складових біохімічного складу було застосовано широкоапробовані методики з використанням польових та лабораторних методів аналізу, які застосовуються у практиці сертифікованих та акредитованих лабораторій.

У результатуючому підсумку встановлено висока адаптивна біопродуктивність редьки олійної як сидерату за весняного строку сівби в умовах нестійкого зволоження із досягненим середнім потенціалом до 24 т/га надземної та 8,5 т/га кореневої біомаси (4,83 т/га у загальній сухій біомасі). Доведена стабілізуюча роль кореневої біомаси у оптимізації процесів загального ґрунтового розкладу сформованої сидеральної маси рослин за рахунок уповільнення таких темпів за літніх строків сидерального застосування.

Встановлена цінність кореневих решток редьки олійної як додаткового джерела 23–35 кг/га азоту, 8–12 кг/га фосфору, 48–57 кг/га калію, 8–14 кг/га кальцію та 11–17 кг/га сірки за високого біофумігаційного потенціалу з виходом глюкозинолатів до 31,17 моль/га.

Ключові слова: кореневі рештки, сидеральний потенціал, біохімічний склад, розкладання в ґрунті, акумуляція поживних речовин, бофумігація.

Tsytsiura Ya.G. Green manure potential of oilseed radish root residues under summer incorporation practices

Modern fertilization systems are gradually shifting toward bio-organic options, partially replacing traditional mineral components with natural and environmentally oriented organic sources, including those of plant origin. This transition is driven by the steadily increasing cost of agrochemical resources, including mineral fertilizers and their derivatives; the reduced overall availability of traditional animal-based organic fertilizers due to a decline in livestock populations and the use of bioenergy technologies in animal husbandry; as well as the persistent trend of soil degradation and the declining potential of natural soil fertility.

These objective factors encourage a return to well-known technological solutions such as green manure fertilization, using a variety of plant species adapted to different soil and climatic conditions and levels of natural soil fertility.

Over an eleven-year period of research using the widely distributed oilseed radish variety Zhuravka, under conditions of unstable moisture on grey forest soils typical of the Central agro-soil region of Vinnytsia, in spring sowing conditions and with green manure incorporation scheduled for the second or third ten-day period of June, both the productivity of root biomass accumulation in green manure plants and the main and derivative parameters of its biochemical composition were studied in order to assess the green manure potential of root residues.

To assess the bioproductive potential and determine the main components of biochemical composition, well-established methodologies were applied, involving field and laboratory analysis techniques used in certified and accredited laboratories.

As a result, oilseed radish demonstrated high adaptive bioproductivity as a green manure crop when sown in spring under conditions of unstable moisture, achieving an average potential of up to 24 tons/ha of above-ground biomass and 8.5 tons/ha of root biomass (4.83 tons/ha in total dry biomass). The stabilizing role of root biomass was confirmed in optimizing the overall decomposition processes of green manure plant mass in the soil due to a slower decomposition rate during summer incorporation periods.

The value of oilseed radish root residues was determined as an additional source of 23–35 kg/ha of nitrogen, 8–12 kg/ha of phosphorus, 48–57 kg/ha of potassium, 8–14 kg/ha of calcium, and 11–17 kg/ha of sulfur, with a high biofumigation potential yielding up to 31.17 mol/ha of glucosinolates.

Key words: root residues, green manure potential, biochemical composition, soil decomposition, nutrient accumulation, biofumigation.

Постановка проблеми. Вирощування культур у межах сівозміни супроводжується отриманням як основної так і побічної продукції. Остання поділяється на відходи у процесі технологічного збирання, а інша – кореневі рештки, які залишаються у профілі ґрунту. Саме кореневі рештки розцінюються як одне із важливих супутніх ресурсів сидерального типу, цінність якого істотно різниться для сільськогосподарських культур різного біологічного виду [1, с. 122–123].

Зарубіжний досвід засвідчує [2, с. 2–3], що врахування корневих решток у зведеному балансі органіки є обов'язковим, оскільки частка корневих решток у сприятливій для росту і розвитку роки може досягати рівня 30–40% надземної листостеблової маси. Разом із тим важливим є не обсяг сформованої біопродуктивності кореневої системи, особливо у варіанті сидеральних технологій, а біохімічна її цінність з огляду на можливість альтернативного використання у біоорганічних варіантах удобрення [3, с. 2]. З цих причин в останні роки активізувалися дослідження з вивчення сидеральної цінності корневих решток різних сільськогосподарських культур зернової [4, с. 298–299], зернобобової [5, с. 385] та хрестоцвітої груп [6, с. 7–9]. Вказані вивчення зосереджені на різних аспектах вже відміченої сидеральної цінності від впливу на комплекс властивостей ґрунту [7, с. 47–48] до темпів мінералізації у ґрунтовому профілі та участі у динаміці балансу основних макро- та мікроелементів [8, с. 2–3] вплив на структуру мікробіологічного комплексу ґрунту та оптимізацію накопичення органічного вуглецю [9, с. 67–68].

Враховуючи, що у структурі сидерального клину в Україні домінують культури із хрестоцвітої групи рослин, а редька олійна набуває популярності як культура багатоцільового використання [10, с. 1026–1027; 11, с. 265–266] – актуальним питанням, яке потребує відповідного наукового узагальнення є дослідження цінності корневих решток редьки олійної з позиції її біохімічного потенціалу та в якості додаткового компоненту у структурі загальної сидеральної продуктивності рослин за весняного строку сівби редьки олійної.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Встановлено [10, с. 1027], що хрестоцвіті культури ярої біологічної групи за досить короткий період вегетації формують кореневу біомасу, яка залежно від гідротермічних умов вегетації досягає рівня від 0,8 до 2,5 т/га у сухій речовині. Такий показник продуктивності дозволяє віднести хрестоцвіті види сидератів до культур з високим потенціалом як загальної біомаси рослин, так і до активних компонентів агроценозу за

показником впливу на ґрунт та його агрофізичні та агрохімічні режими і властивості [12, с. 2–3; 13, с. 794; 14, с. 1186–1187].

Традиційно за сидерального варіанту використання хрестоцвітних в Україні ярої групи увага концентрується на таких культурах як гірчиця біла, ріпак ярий, суріпиця яра [15, с. 1–2]. Редька олійна серед цих культур займає особливе місце. Володіючи комплексними адаптивним потенціалом як покривна культура для зон достатнього та нестійкого зволоження [10, с. 1027–1028] вона демонструє значний як сидеральний потенціал за обсяги сформованої надземної маси та її біохімічним складом [11, с. 267], так і за можливістю чутливої реакції зміною маси сформованих кореневих решток залежно від варіантів припосівного конструювання її ценозів [16, с. 222–224]. Останній фактор дозволяє ефективно управляти рівнями біопродуктивності рослини в цілому залежно від зміни таких параметрів як кількісна норма висіву, ширина міжрядь, норма удобрення тощо [16, с. 237].

Останні дослідження проведені на сидеральних варіантах вирощування редьки олійної [17, с. 5–10] засвідчили високо адаптивні механізми розвитку і формування її кореневої системи з позиції радіального та вертикального галузнення у ґрунті, позитивного впливу на зниження щільності ґрунту, підвищення загальної та капілярної пористості, забезпечення оптимізації балансу органічного вуглецю та основних макро- та мікроелементів.

Попередніми дослідженнями [6, с. 25–30] підкреслюється що кореневі рештки редьки олійної містять досить високу концентрацію фосфору, калію та кальцію, що може бути використано з позиції ліквідації дефіциту цих елементів за варіантів сидерального різнострокового використання даної культури.

Визначено також позитивні властивості біохімічного складу кореневих решток редьки олійної з огляду на вміст глюкозинолатів, які розглядаються у рамках складового біофумігаційного потенціалу культури та можуть з успіхом застосовуватись у органічно орієнтованих технологіях реабілітації деградованих ґрунтів з огляду на поліпшення їх мікробіологічного та сидерального стану [18, с. 4–9; 19, с. 802–803; 20, с. 62–63; 21, с. 2–4], зниження рівня сегетальної деградації ґрунту та зниження його фітотоксичності залежно від варіантів чергування культур у сівозміні та інтенсивності сівозміни з позиції концентрації окремих груп культур [22, с. 1–4].

Поряд із дослідженими аспектами наголошується, що редька олійна потребує подальших досліджень у зв'язку із зміною клімату територій, посиленням процесів ґрунтової деградації та загальними процесами диверсифікації структури агропромислового виробництва сільськогосподарських територій України [23, с. 185–187]. Це особливо актуальне з огляду на проведення тривалого біохімічного моніторингу якості сидеральної маси даної культури та сформованих кореневих решток зокрема [24, с. 53–55]. Важливим при цьому залишається вивчення максимально можливого спектру показників, що дозволить оцінити сидеральний потенціал культури з позиції формування підземної (кореневої) біомаси та дозволить у перспективі окреслити основні концептуальні положення використання редьки олійної у біоорганічних (сидеральних) системах вирощування сільськогосподарських культур з огляду на ґрунтові та гідротермічні ресурси відповідних територій. З цих позицій представлені у статті результати тривалих досліджень є актуальними для наукової та виробничої практики альтернативних та адаптивних систем землеробства.

Метою дослідження було дослідити цінність кореневих решток редьки олійної як додаткового компоненту її сидерального використання за весняного строку сівби з позиції біохімічного складу та як джерела відповідних компонентів у системі біоорганічних варіантів удобрення.

Результати досліджень даної статті отримано у рамках виконання тематики з фінансуванням за кошти загального фонду державного бюджету «Розробка екологоорієнтованих технологій вирощування біоенергетичних культур для забезпечення енергонезалежності та ґрунтозбереження задля формування кліматичної нейтральності» (№ держреєстрації 0124U000483).

Матеріали та методика досліджень. Період досліджень і оцінок тривав з 2014 по 2024 рр. в умовах дослідного поля Віницького національного аграрного університету (N 49°11'31", E 28°22'16"). Ґрунтовий покрив дослідного поля був представлений сірими лісовими ґрунтами за таких середніх показників ґрунтових умов родючості: вміст гумусу 2,68% легкогідролізованого азоту 81,5 мг/кг ґрунту, рухомого фосфору 176,1 мг/кг ґрунту, обмінного калію 110,8 мг/кг ґрунту при pH_{KCl} 5,8.

У якості об'єкта було обрано сорт сорт редьки олійної Журавка. Посів було проведено у першій–другій декаді квітня за кількісної норми висіву 2,5 млн. схожих насінин при міжрядді 15 см без застосування мінеральних добрив. Оцінку морфологічних та біохімічних параметрів корневих систем редьки олійної проводили за досягненням рослинами фази цвітіння (ВВСН 64-67), визначеної як оптимального строку для сидерації культури [18, с. 3–5]. Календарно цей термін відповідав другій-третьій декаді червня. Схема досліду передбачала варіант чотирьохразових повторень розміщення дослідних ділянок у два яруси за схемою повної рендомізації. Площа облікової ділянки – 25 м².

Для ідентифікації феностадійного розвитку рослин редьки олійної було застосовано стандартну шкалу періодизації її розвитку ВВСН [25, с. 10–11]. Для обліку сформованої кореневої біомаси рослин у межах облікової площі дослідних ділянок було застосовано апробований метод монолітів на підставі методичної деталізації [26, с. 2–5]. Процес формування монолітів передбачав покроковий варіант аналізу за профілем ґрунту з кроком в 10 см. Для цього було застосовано металічні коробки совкового типу при товщині стінок 3 mm та розміром 30 см×33,3 см×10 см (обліковий об'єм ~0.01 м³). Відібрані таким чином мікромоноліти маркувались та поміщались у герметичні на застібці пакети за послідууючого їх збереження за температури на рівні 5 °С. У послідууючому аналізі моноліти відмивались водою для отримання відмитих корневих решток та їх загально вагового аналізу. Для промивання і відділення корневих решток від ґрунту при промиванні було використано колонку з решіт лабораторних із дрітної сітки (порядок розмірів решіт 4.0 мм, 2.0 мм, 1.0 мм, 0.5 мм та 0.25 мм).

Вміст сухої речовини у корневих рештках визначали стандартним методом висушування при 105 °С до постійної ваги із процедурою наступного озолування при температурі 550 °С [27, с. 15–22]. Формування кореневої біомаси визначали на підставі перевідної калькуляції з облікової площі на гектарну відповідно до [28, с. 11–18].

Повний біохімічна оцінка якісного складу кореневої маси редьки олійної з розрахунку показників на абсолютно суху речовину була проведена у відповідності до рекомендованих стандартних протоколів такого аналізу, хід якого повністю в деталях описано нами у попередніх публікаціях [10, с. 1028–1031].

Для оцінки гідротермічних умов періоду оцінок було використано стандартні параметри такі як: середньодобова температура (°С), сума опадів (мм), відносна вологість повітря (%), гідротермічний коефіцієнт (ГТК) (рівняння 1), індекс посушливості Де Мартона (I_{DM}) (рівняння 2), коефіцієнт зволоження (K_z) (рівняння 3).

$$ГТК = \frac{\sum R}{0.1 \times \sum t_{>10}} \quad (1)$$

де: $\sum R$ – сума опадів (мм) за період з температурою вище 10 °С, $\sum t_{>10}$ – сума ефективних температур за той самий період. Шкала ранжування режимів за ГТК >

1,6 – надмірно вологий період, ГТК 1,3–1,6 – вологий період, ГТК 1,0–1,3 – помірно сухий період, ГТК 0,7–1,0 – сухий період, ГТК 0,4–0,7 – дуже сухий період.

$$I_{DM} = \frac{12P_m}{T_m + 10} \quad (2)$$

де P_m і T_m – кількість опадів і середня температура повітря у відповідному місяці (шкала ранжування клімату за IDM: $IDM < 10$ посушливий; напівпосушливий $10 \leq IDM < 20$; середземноморський $20 \leq IDM < 24$; напіввологий $24 \leq IDM < 28$; вологий $28 \leq IDM < 35$; дуже вологий $35 \leq IDM \leq 55$; надзвичайно вологий $IDM > 55$).

$$K_z = \frac{P}{E} \quad (3)$$

де: K_h – коефіцієнт зволоження; P – сума опадів за аналізований період, мм; E – випаровуваність за аналізований період, мм (рівнянням 4) (ступінь вологості за K_z : $K_z > 1,0$ – надмірна, K_z близька до 1 – оптимальна, $K_z = 1,0$ –0,6 – нестабільна, $K_z = 0,6$ –0,3 – недостатня).

$$E = 0,0018 \times (25 + t)^2 \times (100 - a) \quad (4)$$

де за аналізований період: t – середня температура повітря °C; a – середня вологість повітря, %.

Зведені результати гідротермічних умов росту і розвитку редьки олійної представлено у таблиці 1.

Статистична інтерпретація результатів досліджень передбачала послідовне використання основних показників варіаційної статистики (стандартне відхилення (SD), коефіцієнт варіації (C_v) на рівнях значущості $p < 0.05$ та $p < 0.01$. Для обробки даних було використано програму Statistica 10 (StatSoft – Dell Software Company, USA). Істотність різниці між отриманими середніми значеннями показників у межах років вивчення встановлювалась шляхом використання дисперсійного аналізу з оцінкою за рахунок найменшої істотної різниці та застосування системного тесту Т'юкі на рівні статистичної значущості $p < 0.05$.

Таблиця 1

Оцінка значень гідротермічних режимів періоду активної вегетації редьки олійної (зона Dfa/Dfb (Köppen-Geiger climate classification)), 2014–2024 рр.

Рік	Сума опадів, мм (VII-X)	t_{aver}^* °C (VII-X)	Місяці періоду вегетації								
			IV			V			VI		
			ГТК	I_{DM}	K_z	ГТК	I_{DM}	K_z	ГТК	I_{DM}	K_z
2014	339,6	13,84	0,725	45,7	1,18	3,928	88,9	2,11	1,545	34,8	0,83
2015	142,3	14,36	0,645	37,3	0,78	0,917	20,6	0,41	0,715	16,9	0,27
2016	193,4	15,06	0,296	21,6	0,44	0,489	40,4	0,99	1,265	29,9	0,75
2017	125,1	14,07	3,919	39,2	0,75	0,777	16,8	0,34	0,504	11,9	0,22
2018	170,8	16,38	0,290	10,8	0,19	0,308	7,2	0,12	4,404	103,7	2,31
2019	398,5	15,39	0,565	33,5	0,72	4,902	111,0	3,29	1,682	41,4	0,96
2020	343,8	13,67	0,091	36,4	0,50	5,327	106,4	3,18	1,548	37,3	0,89
2021	282,8	13,26	0,233	38,8	0,96	3,125	66,7	1,64	1,679	39,8	1,00
2022	242,1	14,30	0,563	57,4	2,33	1,430	31,3	0,79	1,496	36,1	0,85
2023	239,8	14,18	1,543	91,5	3,33	0,085	1,90	0,04	1,640	38,9	0,87
2024	262,1	16,27	3,259	47,5	3,18	0,577	13,19	0,24	1,660	40,4	0,98

* середня середньодобова температура (°C).

Виклад основного матеріалу дослідження. Результати оцінки морфометрії кореневої системи редьки олійної засвідчують багаторівневий характер її розвитку із вираженою стрижневою частиною (рис. 1), яка за загальною масою по відношенні до відмитої частини корневих решток займає середньо багаторічну частку на рівні 65,6% залежно від року (для років із вираженим дефіцитом зволоження ця частка була істотно меншою).

Слід зауважити, що наявність такої стрижневої частини кореневої системи розглядається у випадку редьки олійної як позитивний фактор впливу на ґрунт за рахунок так званого ефекту ґрунтового дренажу шляхом безпосереднього формування вертикальних корневих каналів, які утворюються як у процесі росту власне кореня, так і у процесі його послідовного розкладу у ґрунті [28, с. 12–20]. Визначено також, у багаторічному вимірі належність редьки олійної до високопродуктивних культур за сидерального конструювання її агроценозу (табл. 2).



Рис. 1. Стрижневий корінь редьки олійної з елементами первинного галузнення послідовно відібраний із середнього рядка облікової ділянки 1 м² для двох несуміжних повторень на фенофазу цвітіння (ВВСН 64–67), 2024 р.

Таблиця 2

**Показники сидеральної біопродуктивності рослин редьки олійної
за літнього сидерального їх використання на фазу цвітіння (ВВСН 64–67),
2014–2024**

Показники біопродуктив- ності	Період оцінки, роки											НІР _{0,5}
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	
Сформована надземна біомаса, т/га	33,49	20,11	21,29	15,22	13,89	35,75	30,88	24,12	21,18	24,48	20,12	1,42
Сформована надземна біомаса у сухій речовині, т/га	4,10	2,84	3,02	2,09	2,10	4,03	3,93	2,85	2,81	3,20	2,71	0,23
Сформована коренева біомаса, т/га	13,28	7,88	6,22	4,47	3,39	14,85	13,02	9,57	7,44	6,87	5,97	1,09
Сформована коренева біомаса у сухій речовині, т/га	2,71	1,82	1,35	1,02	0,81	3,07	2,58	1,83	1,60	1,45	1,23	0,25
Коефіцієнт продуктивності кореневої системи (у сухій речовині)	1,51	1,56	2,24	2,05	2,59	1,31	1,52	1,56	1,76	2,21	2,20	0,33
Частка кореневих решток у сформованій біомасі рослин (у сухій речовині)	39,83	39,08	30,91	32,79	27,89	43,25	39,65	39,07	36,22	31,16	31,22	0,52

У середньо багаторічному вимірі величина сформованої надземної маси у досліді становила 23,68 т/га (при міжрічному варіюванні 29,84%). При цьому показник сформованої кореневої біомаси становив 8,45 т/га (за міжрічного варіювання 44,72%). У еквіваленті сухої речовини вказані значення були на рівні 3,06 т/га (22,96%) та 1,77 т/га (41,21%). Такий характер формування надземної та кореневої біомаси забезпечив середньо багаторічний коефіцієнт продуктивності кореневої системи у значенні 1,86 (22,0%) за частки кореневої маси у загальній біомасі рослин 35,55% (за міжрічного варіювання 13,93%).

Враховуючи, що для умов правобережного Лісостепу сидеральна продуктивність гірчиці білої та ріпаку ярого вкладається переважно в інтервалі 14,5–27,6 т/га надземної маси та 4,5–9,7 т/га кореневої [29, с. 4–5] – редьку олійну за результатами проведених оцінок слід віднести до культур з високим сидеральним біопродуктивним потенціалом, з огляду на потенціал родючості ґрунтів на яких проведено багаторічний цикл оцінок та умов нестійкого зволоження (за представленим аналізом гідротермічного режиму території (табл. 1)). Виходячи з отриманого кореляційного зв'язку за період проведених оцінок сформована біомаса коренів

редьки олійної за коефіцієнтом детермінації d_{xy} (квадрат коефіцієнту кореляції з добутком на 100 для відсоткового виразу) з прямим характером залежності при d_{xy} на рівні 64,7% визначається сумою опадів, з таким же характером залежності на 42,8% показником ГТК, на 39,74% показником I_{DM} та на 44,15% показником K_3 . При цьому залежність від рівня середньодобової температури була оберненою при середньобагаторічному значенні d_{xy} на рівні 33,10%. Таким чином, головним лімітуючим фактором формування кореневої біомаси рослин є рівень вологозабезпечення періоду вегетації з оптимумом достатнього зволоження за помірних темпів наростання середньодобових температур. З іншого боку, значення d_{xy} для основних гідротермічних коефіцієнтів нижче 50% вказує на наявність адаптивних механізмів росту і розвитку рослин редьки олійної, що створює передумови для ефективної можливості застосування сидеральних агроценозів редьки олійної і в умовах нестійкого зволоження, що позитивно узгоджується із рядом проведених досліджень [10, с. 1055–1057; 28, с. 25–30].

Визначено цінність кореневої біомаси редьки олійної з огляду на визначений її біохімічний склад (табл. 3). По результатах такої оцінки кореневі рештки культури мають середньобагаторічний показник вмісту органічної сухої речовини у значенні 21,35% (при міжрічному варіюванні за коефіцієнтом варіації (C_v) 6,89%). При цьому кореневі рештки багаті як сирим протеїном (8,10% (при $C_v = 14,47\%$)), так і загальним вмістом азоту (ЗВА) – 1,30% та 14,46% відповідно. Враховуючи значення вмісту органічного вуглецю (ОВ) на рівні 39,56% (при $C_v = 2,80$) – середнє співвідношення $C(ОВ)/N$ (ЗВА) (табл. 4) було у значенні 31,0 (при $C_v = 11,78\%$). Враховуючи, що оптимальне значення співвідношення $C(ОВ)/N(ЗВА)$, для забезпечення оптимізованих темпів розкладення сидеральної маси у профілі ґрунту і послідувочої іммобілізації отриманих компонентів має бути на рівні 25–30 [4, с. 299–300] – коренева біомаса редьки олійної матиме потенційно істотно нижчі темпи ґрунтового розкладу ніж надземна її біомаса на підставі попереднього вивчення [10, 1033–1036]. Це дозволяє розглядати кореневі рештки культури як стабілізуючий чинник зниження інтенсивності темпів мінералізації сидерату у ґрунті, що є важливим у випадку літніх строків сидерації де за низького співвідношення C/N процес ґрунтового розкладення сидеральної маси проходить з надмірною інтенсивністю, що веде до втрати вивільнених макро- і мікроелементів та органічних похідних [5, с. 386–387].

Разом із тим кореневі рештки редьки олійної багаті на рослинний жир за середньобагаторічного його вмісту на рівні 1,86% (при міжрічному варіюванні 30,44%). Наявність рослинних жирів у складі корневих решток сприяє у процесі їх розкладу стадії гідролізу, що формує інтенсивний період мінералізації. Разом із тим вміст жирів вимагає відповідних вищих рівнів вологості ґрунту для інтенсивних процесів ґрунтового розкладення рослинної маси із істотно нижчим даним показником [9, с. 68–69; 17, 10–12].

Відмічені повільні темпи розкладення корневих решток редьки олійної позитивно узгоджуються із результатами обліку вмісту сирової клітковини та структурних її компонентів – целюлози, геміцелюлози, нейтрально дитергентної клітковини (НДК) та кислотно-дитергентної клітковини (КДК). Вміст сирової клітковини у корневих решток редьки олійної літнього сидерального використання був на рівні 48,61% (за міжрічного варіювання показника 8,90%).

Таблиця 3

**Біохімічний склад кореневих решток редьки олійної у варіанті
весняного строку її сівби та сидерального послідуєного використання
(у % на абсолютно суху речовину), 2014–2024 рр.**

Рік	Органічна суха речовина (ОР)	Сирий протеїн (СП)	Сирий жир (СЖ)	Сира квітковина (СК)	Сира зола(СЗ)	Нейтрально- дигерентна квітковина (НДК)	Кислотн- дигерентна квітковина (КДК)	Ліпін (Л)
2014	20,42	8,00	1,31	43,48	5,26	51,27	46,13	12,45
2015	23,12	8,88	2,59	53,79	6,93	58,85	55,75	14,34
2016	21,73	8,38	1,84	49,38	5,34	56,28	53,15	13,11
2017	22,84	10,50	2,91	52,77	7,15	56,92	54,48	15,78
2018	23,95	9,44	1,79	47,03	7,88	53,58	50,54	14,09
2019	20,68	7,06	1,18	41,60	7,22	48,37	44,41	11,89
2020	19,84	7,63	1,92	47,79	6,23	54,11	50,55	12,61
2021	19,09	6,56	1,77	50,69	7,15	55,59	52,85	12,48
2022	21,47	6,94	2,43	55,26	8,24	58,83	56,62	12,91
2023	21,11	7,44	1,47	48,19	6,88	53,36	50,57	12,77
2024	20,59	8,25	1,29	44,75	7,19	46,91	42,89	13,85
$R_{\min}^*p_{adj} < 0,05$	0,92- 1,11	0,77-0,93	0,29-0,58	0,85-0,99	1,37-1,52	1,25- 1,44	1,12- 1,32	0,53- 0,61
HP_{05}	1,07	0,85	0,46	0,95	1,45	1,32	1,20	0,59

Рік	Целюлоза	Геміцелюлоза	Загальний вміст азоту (ЗВА)	Органічний вуглець(ОВ)	Загальний вміст фосфору (Р)	Загальний вміст калію (К)	Вміст кальцію (Са)	Загальний вміст сірки (S)	Вміст глюкозидів мкмоль/г (ГК)
2014	33,68	5,14	1,28	39,22	0,31	2,08	0,49	0,52	16,46
2015	41,41	3,10	1,42	40,74	0,44	2,83	0,41	0,65	16,18
2016	40,04	3,13	1,34	39,25	0,55	3,65	0,53	0,80	19,19
2017	38,70	2,44	1,68	41,31	0,62	4,75	0,57	0,89	20,93
2018	36,45	3,04	1,51	39,84	0,51	3,01	0,49	0,77	20,95
2019	32,52	3,96	1,13	37,42	0,37	1,69	0,38	0,54	15,83
2020	37,94	3,56	1,22	40,08	0,45	3,48	0,41	0,58	18,82
2021	40,37	2,74	1,05	38,35	0,29	2,14	0,50	0,62	17,40
2022	43,71	2,21	1,11	38,77	0,34	2,42	0,42	0,62	18,05
2023	37,80	2,79	1,19	40,28	0,40	2,51	0,39	0,54	17,33
2024	36,04	4,02	1,32	39,88	0,43	3,05	0,47	0,70	17,59
$R_{\min}^*p_{adj} < 0,05$	—	—	0,21- 0,32	1,74- 1,93	0,08- 0,15	0,29-0,41	0,11-0,19	0,10-0,16	0,88- 1,09
HP_{05}	—	—	0,27	1,86	0,12	0,34	0,13	0,14	1,00

*Тест Т'юкі ($R_{\min}$ for $p_{adj} < 0,05$).

Таблиця 4

**Основні індикатори сидеральної якості корневих решток редьки олійної
за весняного строку її сівби, 2014–2024 рр.**

Рік	Відношення									
	C(OB)/ N (ЗВА)		C(OB)/P		C(OB)/S		Л/ЗВА		Л/Р	
	$\bar{x}$	SD*	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD
2014	30,64	2,11	126,52	11,70	75,42	9,37	9,73	0,78	40,16	3,64
2015	28,69	2,40	92,59	6,96	62,68	5,41	10,10	1,06	32,59	2,75
2016	29,29	1,96	71,36	3,90	49,06	8,51	9,78	0,78	23,84	1,51
2017	24,59	1,97	66,63	2,95	46,42	1,43	9,39	0,82	25,45	1,21
2018	26,38	6,59	78,12	2,63	51,74	10,16	9,33	2,36	27,63	0,91
2019	33,12	1,40	101,14	5,61	69,30	7,24	10,52	0,45	32,14	2,17
2020	32,85	5,38	89,07	5,21	69,10	12,30	10,34	2,21	28,02	1,67
2021	36,52	7,77	132,24	7,41	61,85	6,93	11,89	2,42	43,03	2,56
2022	34,93	2,50	114,03	7,13	62,53	9,18	11,63	0,66	37,97	3,77
2023	33,85	5,13	100,70	5,32	74,59	10,32	10,73	1,93	31,93	2,15
2024	30,21	3,39	92,74	8,12	56,97	8,56	10,49	1,27	32,21	2,98
HIP ₀₅	2,18	–	7,41	–	7,96	–	0,87	–	1,67	–

Рік	Акумуляція в корневих рештках, кг/га										Вихід глюкозино- латів, моль/га	
	N		P		K		Ca		S		$\bar{x}$	SD
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD		
2014	34,69	2,46	8,40	3,17	56,37	12,73	13,28	0,71	14,09	0,72	44,61	3,25
2015	25,84	3,76	8,01	1,75	51,51	4,41	7,46	0,57	11,83	0,67	29,45	2,19
2016	18,09	2,46	7,43	1,30	49,28	5,60	7,16	0,59	10,8	0,55	25,91	2,58
2017	17,14	3,61	6,32	2,09	48,45	8,85	5,81	0,48	9,08	0,79	21,35	3,92
2018	12,23	2,90	4,13	0,67	24,38	3,69	3,97	0,37	6,24	0,54	16,97	2,55
2019	34,69	3,42	11,36	2,19	51,88	12,93	11,67	0,65	16,58	0,71	48,6	3,08
2020	31,48	4,99	11,61	2,00	89,78	8,10	10,58	0,59	14,96	0,63	48,56	3,41
2021	19,22	4,36	5,31	0,61	39,16	2,18	9,15	0,58	11,35	0,77	31,84	2,29
2022	17,76	2,19	5,44	2,31	38,72	4,14	6,72	0,55	9,92	0,55	28,88	2,09
2023	17,26	1,23	5,80	1,51	36,40	4,29	5,66	0,52	7,83	0,72	25,13	2,14
2024	16,24	2,89	5,29	1,89	37,52	8,12	5,78	0,51	8,61	0,85	21,64	2,05
HIP ₀₅	7,18	–	4,91	–	9,19		3,22	–	2,55	–	0,30	–

* – стандартне відхилення.

При цьому середньо багаторічний вміст целюлози був у значенні 38,06% ($C_v = 8,70\%$), а геміцелюлози – 3,28% ($C_v = 25,55\%$). У структурі клітковини переважала нейтрально дитергентна клітковина – 54,0% (при міжрічному $C_v = 7,25\%$), співвідношенні НДК/КДК – 1,07. Наявність високого вмісту клітковини та целюлозопохідних структур на фоні високого вмісту лігніну (13,30% при $C_v = 8,40\%$) вказує на повільні темпи розкладу корневих решток редьки олійної в цілому, особливо на стадії розкладання лігнізованих структур рослинних тканин сидератів, яка є завершальною у цьому циклі [14, с. 88–90]. Це ж підтверджується результатами співвідношенням вмісту лігніну (Л) до загального вмісту азоту (Л/ЗВА) та фосфору (Л/Р) (табл. 4) – на рівні більше 10 одиниць для першого та більше 30 одиниць для другого показника, що створює передумови для повільного

розкладення клітковинно-целюлозного каркасу тканин кореневих решток редьки олійної [21, с. 4–6].

Важливим з позиції біохімічної цінності сидеральної маси є її зольність, яка по суті визначає потенціал джерела макро- та мікроелементів при розкладенні біомаси у ґрунті. Для корневих решток редьки олійної визначено середньо багаторічний зольності у значенні 6,86% (при міжрічному $C_v = 13,53\%$). За цим показником коренева маса редьки олійної на фазу цвітіння за значенням показника зольності була на рівні таких поширених сидератів як гірчиця біла та ріпак озимий [9, с. 68–70]. При цьому слід відмітити, що кореневі рештки редьки олійної є цінним джерелом фосфору (середньобагаторічний вміст 0,43% на абсолютно суху речовину), калію (2,87%), кальцію (0,46%) та сірки (0,66%) (табл. 3). За рахунок такого вмісту та на підставі визначених рівнів біопродуктивності та вмісту азотистих сполук у середньорічному вимірі кореневі рештки редьки олійної накопичували за весняного строку сівби та відповідно червневого періоду сидерального їх застосування до 23 кг/га азоту (з максимумом до 35 кг/га), 8 кг/га фосфору (з максимумом до 12 кг/га), 48 кг/га калію (з максимумом до 57 кг/га), 8 кг/га кальцію (з максимумом до 14 кг/га), 11 кг/га сірки (з максимумом до 17 кг/га). Такі значення доводять синергічну цінність корневих решток редьки олійної у додатку до основного джерела компонентів надземної маси та позитивно узгоджуються із рядом висновків [14, с. 1188–1189; 29, с. 28–30; 30, с. 2379–2380].

Окремо слід відмітити високий вміст глюкозинолатів у корневих рештках редьки олійної 18,07 мкмоль/г абсолютно сухої речовини, що позитивно корелює з встановленим високим вмістом сірки [18, с. 7–9] та забезпечує високий біофумігаційний потенціал за показником виходу глюкозинолатів на середньо багаторічному рівні 31,17 моль/га з досяжним потенціалом до 50 моль/га. Враховуючи ряд досліджень [18, с. 10; 19, с. 805; 31, с. 313] такі показники дозволяють рекомендувати редьку олійну як одного із основних компонентів у технологіях біофумігації ґрунту різного технологічного складу на ґрунтах із середнім потенціалом ґрунтової родючості без додаткового застосування добрив. Наявність вже відміченого високого вмісту азотистих сполук та інтенсивного розвитку кореневої системи за короткий період формування надземної маси, що за обома позиціями підтверджена і в інших дослідженнях [32, с. 2–3; 33, с. 158–159] – такий варіант біофумігації носитиме не лише фітосанітарний та протисегетальний характер, але й забезпечить ціленаправлений ефект ґрунтореабілітації та зниження загальної фітотоксичності ґрунту.

Висновки і перспективи подальших досліджень. На підставі всебічного аналізу отриманих даних встановлено, що варіант весняного строку сівби редьки олійної на сидерат за умов нестійкого зволоження на ґрунтах із середнім потенціалом ґрунтових умов родючості забезпечує отримання до 24 т/га надземної та 8,5 т/га кореневої біомаси, що у еквіваленті сухої речовини забезпечує 4,83 т/га загальної сухої біомаси.

Доведена сидеральна цінність корневих решток редьки олійної як додатковий чинник загального сповільнення темпів ґрунтового розкладення сидеральної маси, та як додаткове джерело макро- та мікроелементів.

Як елемент біоорганічних технологій удобрення, за вирощування сільськогосподарських культур не хрестоцвітого виду, кореневі рештки редьки олійної з агроценозів сидерального типу весняного строку сівби у середньо багаторічному вимірі забезпечують надходження у ґрунт 23–35 кг/га азоту, 8–12 кг/га фосфору, 48–57 кг/га калію, 8–14 кг/га кальцію та 11–17 кг/га сірки при встановленому біофумігаційному потенціалі за виходом глюкозинолатів на рівні 31,17 моль/га.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Fanish S.A. Impact of Green Manure Incorporation on Soil Properties and Crop Growth Environment: A Review. *World Journal of Agricultural Sciences*. 2017. Vol. 13. № 3. P. 122–132.
2. Hou P., Xue L., Wang J., Petropoulos E., Xue L., Yang L. Green Manure Amendment in Paddies Improves Soil Carbon Sequestration but Cannot Substitute the Critical Role of N Fertilizer in Rice Production. *Agronomy*. 2022. Vol. 12. №7. 1548.
3. Hudek C., Putinica C., Otten W., De Baets S. Functional root trait-based classification of cover crops to improve soil physical properties. *European Journal of Soil Science* 2022. Vol. 73. №1. e13147.
4. Silva G. T. A., Matos L. V., Nóbrega, P. de O., Carneiro, E. F., & Resende, A. S. de Resende. Chemical composition and decomposition rate of plants used as green manure. *Scientia Agrícola*. 2008. Vol. 65. №3. P. 298–305.
5. Natera J.F.Z., López P.M.G, Jimenez C.E.A., Aguilar F.B.M., Solís H.V., Hernández I.Z. Decomposition and nitrogen mineralisation of two wild lupins (Leguminosae) species with potential as green manures. *Journal of Central European Agriculture*. 2022. Vol. 23. № 2. P. 384–390.
6. Talgre L Biomass production of different green manure crops and their effect on the succeeding crops yield. A Thesis for applying for the degree of Doctor of Philosophy in Plant Production. Institute of Agricultural and Environmental Sciences Estonian University of Life Sciences. Tartu. 2013. 164 p.
7. Toungos M. D., Bulus Z. W. Cover crops dual roles: Green manure and maintenance of soil fertility, a review. *International Journal of Innovative Agriculture and Biology Research*. 2019. Vol. 7. №1. P. 47–59.
8. Lei B., Wang J., Yao H. Ecological and environmental benefits of planting green manure in paddy fields. *Agriculture*. 2022. Vol. 12. №2. 223.
9. Israt I.J., Parimal B.K. Residual Effect of Green Manure on Soil Properties in Green Manure-Transplant Aman-Mustard Cropping Pattern. *Indian Journal of Agricultural Research*. 2023. Vol. 57. №1. P. 67–72.
10. Tsytsiura Y. Potential of oilseed radish (*Raphanus sativus* L. var. *oleiformis* Pers.) as a multi-service cover crop (MSCC). *Agronomy Research*. 2024. Vol. 22. №2. P. 1026–1070.
11. Tsytsiura Y. Evaluation of Ecological Adaptability of Oilseed Radish (*Raphanus sativus* L. var. *oleiformis* Pers.) Biopotential Realization in the System of Criteria for Multi-Service Cover Crop. *Journal of Ecological Engineering*. 2024. Vol. 25. Iss. 7. P. 265–285.
12. Ma D., Yin L., Ju W., Li X., Liu X., Deng X., Wang S. Meta-analysis of green manure effects on soil properties and crop yield in northern China. *Field Crops Research*. 2021. Vol. 266. 108146.
13. Agbede T., Adekiya A., Ale M., Eifediyi E., Olatunji C. Effects of green manures and npk fertilizer on soil properties, tomato yield and quality in the forest-savanna ecology of Nigeria. *Experimental Agriculture*. 2019. Vol. 55. №5. P. 793–806.
14. Cavigelli M.A., Thien S.J. Phosphorus bioavailability following incorporation of green manure crops. *Soil Science Society of America Journal*. 2003. Vol. 67. P. 1186–1194.
15. Hansen V., Müller-Stöver D., Magid J. 2022. Green manure crops for low fertility soils URL: https://orprints.org/id/eprint/37832/1/poster_Veronika%20Hansen.pdf (date of application 16.06.2025).
16. Tsytsiura Y.H. Modular-vitality and ideotypical approach in evaluating the efficiency of construction of oilseed radish agrophytocenoses (*Raphanus sativus* var. *oleifera* Pers.). *Agraarteadus*. 2020. № 31(2). P. 219–243.
17. Jansen M.D. An evaluation of tillage radish (*Raphanus sativus* L.) to alleviate post-construction soil compaction and germination potential under varying environmental conditions. A thesis submitted to the graduate faculty in partial fulfillment

of the requirements for the degree of Master of science. Iowa State University Ames, Iowa. 2021. 85 p.

18. Duff J., van Sprang C., O'Halloran J., Hall Z. Guide to Brassica Biofumigant Cover Crops Managing soilborne diseases in vegetable production systems. Horticulture Innovation through VG16068 Optimising cover cropping for the Australian vegetable industry. State of Queensland. Department of Agriculture and Fisheries. 2020. 40 pp.

19. Van Dam N.M., Witjes L., Svatoš A. Interactions between aboveground and belowground induction of glucosinolates in two wild *Brassica* species. *New Phytologist*. 2004. Vol. 161. P. 801–810.

20. Yi G., Lim S., Chae W.B., Park J.E., Park H.R., Lee E.J., Huh J.H. Root Glucosinolate Profiles for Screening of Radish (*Raphanus sativus* L.) Genetic Resources. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2016. Vol. 64. №1. P. 61–70.

21. Nguyen V.P.T., Stewart J., Lopez M., Ioannou I., Allais F.. Glucosinolates: Natural Occurrence, Biosynthesis, Accessibility, Isolation, Structures, and Biological Activities. *Molecules* 2020. Vol. 25. №19. 4537.

22. Цицюра Я.Г., Ткачук О.П. Патент на корисну модель України. Спосіб біологічного контролю сеgetальної деградації ґрунтів у сівозміні. № 159011. Публікація відомостей 16.04.2025, Бюл. 16. URL: <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1851769/> (дата звернення 16.06.2025)

23. Цицюра Я.Г. Ґрунтореабілітаційний потенціал редьки олійної за її сидерального використання з позиції відновлення базових агрофізичних властивостей. *Український журнал природничих наук*. 2024. № 10. С. 185–196.

24. Цицюра Я.Г. Оцінка закономірностей формування біомаси редьки олійної з позиції її сидерального різнострокового використання. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2024. Вип. 3 (44). С. 53–61.

25. Test Guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability of Fodder Radish (*Raphanus sativus* L. var. *oleiformis* Pers.). International union for the protection of new varieties of plants. UPOV. Geneva, 2017. 23 p.

26. Bublitz T.A., Kemper R., Müller P., Kautz T., Döring T.F., Athmann M. Relating Profile Wall Root-Length Density Estimates to Monolith Root-Length Density Measurements of Cover Crops. *Agronomy*. 2022. Vol. 12. 48.

27. Undersander D., Mertens D.R., Thies N. Forage analyses. Procedures. National Forage Testing Association. 1993. 139 p.

28. Kemper R. Root growth of sole and mixed cover crops in organic farming. Dissertation for the attainment of the degree Doctor of Agricultural Sciences. Institute of Crop Science and Resource Conservation. Department of Agroecology and Organic Farming. Bonn. 2024. 195 p.

29. Цицюра Я.Г., Неїлик М.М., Дідур І.М., Поліщук М.І. Сидерація як базова складова біологізації сучасних систем землеробства. Монографія. Вінниця: Видавець ТОВ «Друк», 2022. 770 с.

30. Karssemeijer P.N., de Kreek K.A., Gols R., Neequaye M., Reichelt M., Gershenzon J., van Loon J.J.A., Dicke M. Specialist root herbivore modulates plant transcriptome and downregulates defensive secondary metabolites in a brassicaceous plant. *New Phytologist*. 2022. Vol. 235, №6. P. 2378–2392.

31. Antonious G.F., Bomford M., Vincelli P. Screening Brassica species for glucosinolate content. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*. 2009. Vol. 44. №3. P. 311–316.

32. Hirte J., Leifeld J., Abiven S., Oberholzer H.-R., Hammelehle A., Mayer J.. Overestimation of Crop Root Biomass in Field Experiments Due to Extraneous Organic Matter. *Frontiers Plant Science* 2017. Vol. 8. 284.

33. Kemper R., Döring T.F., Legner N., Meinen C., Athmann M.. Oil radish, winter rye and crimson clover: root and shoot performance in cover crop mixtures. *Plant and Soil*. Vol. 506. №1. P. 157–172.

УДК 631.67:633.2:662.6(477)

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.144.29>

АГРОБІОЛОГІЧНИЙ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ БАГАТОРІЧНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР НА МАЛОРОДЮЧИХ ҐРУНТАХ

Чумбей В.В. – к.с.-г.н.,

завідувач кафедри агрономії,

Івано-Франківський фаховий коледж Львівського національного університету

природокористування

orcid.org/0009-0001-0398-1276**Зайка В.К.** – д.б.н., професор,

професор кафедри лісового і аграрного менеджменту,

Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника

orcid.org/0000-0002-2206-772X**Шеленко Д.І.** – д.е.н., професор,

професор кафедри підприємництва, торгівлі та прикладної економіки,

Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника

orcid.org/0000-0002-9214-7258**Дмитрик П.М.** – к.с.-г.н., доцент,

доцент кафедри лісового і аграрного менеджменту,

Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника

orcid.org/0000-0003-1973-391X**Гусак В.В.** – д.філос., доцент,

доцент кафедри біохімії та біотехнології

Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника

orcid.org/0000-0001-9415-9837**Турак О.Ю.** – к.с.-г.н., доцент,

доцент кафедри лісового і аграрного менеджменту,

Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника

orcid.org/0009-0006-2429-3356

Вичерпання традиційних енергетичних ресурсів та зростання їхньої вартості негативно впливають на собівартість виробництва сільськогосподарської та промислової продукції, що, у свою чергу, знижує її конкурентоспроможність на світовому ринку. У зв'язку з цим одним із ключових завдань державної політики є підвищення ефективності використання наявних паливно-енергетичних ресурсів і впровадження стратегії диверсифікації джерел та маршрутів постачання енергії.

Україна має сприятливі природно-кліматичні, економічні та агротехнологічні умови для масштабного впровадження сучасних технологій вирощування та переробки біомаси енергетичних культур. Інтенсифікація біоенергетичного сектору сприятиме підвищенню енергетичної безпеки держави, покращенню екологічного стану окремих регіонів та створенню додаткових робочих місць для місцевого населення.

У дослідженні розглянуто агротехнологічні засади вирощування малопоширених енергетичних культур, проаналізовано наукові підходи вітчизняних і зарубіжних дослідників щодо вибору оптимальних ґрунтово-кліматичних умов та перспективних видів культур для використання їхньої біомаси як сировини в енергетичному секторі. Акцентовано увагу на необхідності вдосконалення технологічних елементів вирощування з метою підвищення продуктивності та збільшення виходу біомаси.

У результаті проведених досліджень встановлено, що найбільше накопичення вегетативної маси спостерігалось у рослин міскантуса гігантського та сільфії пронизанолистої.

Урожайність міскантуса гігантеусу становила 39,0 т/га за умов вирощування без добрив і підвищувалася до 52,5 т/га за внесення мінерального живлення. У сільфії пронизанолістої відповідні показники сягали 36,5 т/га та 52,4 т/га.

Встановлено, що міскантус гігантеус та сіда багаторічна характеризуються високою продуктивністю надземної біомаси, що робить їх перспективними культурами для виробництва біогазу як виду біопалива.

Ключові слова: енергетичні культури, біомаса, малопродуктивні землі, міскантус гігантеус, сіда багаторічна, сільфія пронизаноліста, сорго багаторічне, урожайність, удобрення, мінеральне живлення, біогазовий потенціал, агротехнологія.

Zaika V.K., Shelenko D.I., Dmytryk P.M., Husak V.V., Klid V.V., Turak O.Yu., Agrobiological and Energy Potential of Perennial Energy Crops on Low-Productivity Soils

The depletion of traditional energy resources and the rising cost of their extraction negatively affect the production cost of agricultural and industrial goods, which in turn reduces their competitiveness on the global market. In this context, one of the key objectives of state policy is to improve the efficiency of existing fuel and energy resource use and to implement a strategy for diversifying energy sources and supply routes.

Ukraine possesses favorable natural-climatic, economic, and agrotechnological conditions for the large-scale implementation of modern technologies for cultivating and processing biomass from energy crops. The intensification of the bioenergy sector will contribute to enhancing the country's energy security, improving the environmental situation in certain regions, and creating additional employment opportunities for the local population.

This study examines the agrotechnological principles of cultivating underutilized energy crops and analyzes the scientific approaches of domestic and foreign researchers regarding the selection of optimal soil and climatic conditions and promising crop species for biomass use as raw material in the energy sector. Particular attention is paid to the need to improve cultivation technologies to increase productivity and biomass yield.

The results of the study show that the highest accumulation of vegetative mass was observed in *Miscanthus × giganteus* and *Silphium perfoliatum*. The yield of *Miscanthus × giganteus* was 39.0 t/ha under unfertilized conditions, increasing to 52.5 t/ha with the application of mineral fertilizers. In *Silphium perfoliatum*, the corresponding figures were 36.5 t/ha and 52.4 t/ha, respectively.

It was established that *Miscanthus giganteus* and perennial *Sida hermaphrodita* are characterized by high aboveground biomass productivity, making them promising crops for biogas production as a type of biofuel.

Key words: energy crops, biomass, low-productive lands, *Miscanthus giganteus*, switchgrass (*Panicum virgatum*), cup plant (*Silphium perfoliatum*), perennial sorghum, yield, fertilizer application, mineral nutrition, biogas potential, agrotechnology.

Актуальність теми дослідження. Розвиток і впровадження технологій виробництва біопалива з відновлюваних джерел, зокрема з рослинної біомаси, відіграють ключову роль у зниженні енергетичної залежності України. В умовах зростання вартості традиційних енергоресурсів біомаса як поновлюване джерело енергії набуває дедалі більшого значення у глобальному енергетичному балансі. Станом на сьогодні приблизно 80% світових поставок енергоносіїв становить невідновлюване викопне паливо [1, 2]. У світовій структурі виробництва первинної енергії біомаса посідає четверте місце, забезпечуючи близько 10% загального обсягу. У країнах Європейського Союзу середній рівень споживання енергії з біомаси становить 7%, тоді як у провідних державах ЄС – Латвії, Фінляндії, Швеції, Данії, Австрії – цей показник коливається в межах 16–28%. Натомість в Україні частка біомаси в енергетичному балансі становить трохи більше 1%. Серед усіх типів біомаси домінує тверда біомаса, яка охоплює близько 80% загального обсягу біоенергетичних ресурсів, з варіативністю використання від 0% до 94% залежно від країни; найвищий рівень її застосування зафіксовано у Фінляндії. Україна має значний потенціал для розширення використання біомаси в енергетичних цілях і володіє усіма необхідними передумовами для широкомасштабного впровадження цього виду відновлюваної енергії [3, 4].

В умовах воєнного стану загострилися проблеми, пов'язані з постачанням енергоносіїв, що негативно позначається не лише на економічному розвитку, екологічному стані та рівні добробуту населення, а й посилює енергетичну залежність України від імпорту. Така ситуація актуалізує необхідність активного пошуку та впровадження альтернативних джерел енергії як стратегічного напрямку забезпечення енергетичної безпеки держави [5-7].

Згідно з проведеними оцінками, Україна володіє значним потенціалом для виробництва рослинних біоенергетичних ресурсів. Теоретичний обсяг біомаси оцінюється на рівні близько 50 млн тонн умовного палива, тоді як економічно доцільний потенціал становить від 2 до 28 млн тонн. Зокрема, виробничий потенціал нетрадиційних багаторічних трав'янистих енергетичних культур, таких як силфій, топінамбур, міскантус та сіда багаторічна, оцінюється на рівні 0,60 і 0,35 млн тонн відповідно [8-10].

Постановка проблеми. Застосування нових високопродуктивних трав'янистих енергетичних культур, які поки що не набули широкого поширення в аграрному секторі України, має низку суттєвих переваг. Потенціал теплової енергії, що може бути отриманий з одного гектара посівів таких культур, варіюється залежно від виду [11]. Зокрема, серед багаторічних культур найвищу енергетичну віддачу для виробництва твердого біопалива демонструють сіда багаторічна та міскантус [12].

У процесі виведення з інтенсивного сільськогосподарського використання земель, розташованих у зонах агроландшафтів, схильних до ерозійних процесів (зокрема, тих, що призначені під заліснення або природні кормові угіддя), доцільним є залучення частини таких територій для вирощування багаторічних трав'янистих культур, зокрема малопоширених. Ці культури не лише сприяють збереженню ґрунтів завдяки протиерозійним властивостям, але й можуть слугувати ефективним джерелом біосировини для виробництва твердих видів біопалива (паливні брикети, гранули) у сільській місцевості [13, 14]. Аналіз наукових джерел [15-17] свідчить про обмежену кількість досліджень, присвячених оцінці енергетичного потенціалу багаторічних трав'янистих фітоценозів в умовах України та шляхам підвищення їх енергетичної продуктивності. Актуальність подальших наукових розвідок у цьому напрямі зростає в контексті постійного підвищення вартості невідновлюваних джерел енергії та скорочення попиту на трав'яні корми через зменшення поголів'я великої рогатої худоби [18].

Одним із пріоритетних напрямів досліджень та практичної діяльності в аграрній сфері є удосконалення і адаптація технологій вирощування сільськогосподарських культур із одночасним обґрунтуванням їх економічної ефективності та енергетичної доцільності. Особлива увага приділяється врахуванню специфіки ґрунтово-кліматичних умов конкретного регіону, що дозволяє оптимізувати агротехнічні заходи, підвищити продуктивність рослинництва та забезпечити сталий розвиток аграрного сектору [19]. Такий підхід сприяє раціональному використанню природних ресурсів, зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище та підвищенню конкурентоспроможності продукції на внутрішніх і зовнішніх ринках.

Використання енергетичних рослин у виробничій практиці України наразі перебуває на стадії експериментальних досліджень, що свідчить про початковий рівень впровадження цих технологій у аграрний сектор. Для успішної інтеграції вирощування енергетичних культур необхідна системна та цілеспрямована науково-практична діяльність, яка передбачає розробку адаптованих агротехнічних заходів, оцінку економічної ефективності та екологічної безпеки, а також

формування сприятливих нормативно-правових умов. Важливо впроваджувати міждисциплінарні дослідження, що охоплюють як біотехнологічні аспекти, так і питання сталого розвитку, що дозволить максимально ефективно використовувати потенціал енергетичних рослин у контексті енергетичної безпеки країни [20].

Аналіз сучасних наукових публікацій та літературних джерел свідчить про зростаючу перевагу рослинних відновлювальних біопалив як перспективного напрямку розвитку енергетики. Упродовж останніх років значна кількість дослідників зосереджує увагу на вдосконаленні технологій вирощування малопоширених енергетичних культур. У країнах з високим рівнем економічного розвитку вже широко впроваджуються ефективні технологічні підходи до культивування та використання таких рослин. Водночас дослідження, присвячені вивченню динаміки приросту біомаси енергетичних культур, залишалися недостатньо розвиненими. Отже, метою даного дослідження стало розроблення технології вирощування енергетичних рослин із подальшим аналізом впливу регуляторів росту на продуктивність їх біомаси.

Методика досліджень. Метою нашої роботи було дослідити особливості вирощування малопоширених енергетичних рослин та оцінити продуктивність цих культур з метою підвищення їхнього енергетичного потенціалу в умовах аграрного виробництва України.

Дослідження проводились впродовж 2023-2024 рр. на дерново-підзолистому поверхнево-оглеєному ґрунті в ФГ «Житні Лани». За механічним складом вони відносяться до важкоглинистих із крупнопилюватою структурою та потужним гумусовим горизонтом завтовшки 45 см. Агрохімічні характеристики ґрунту включають кислотність (рН 4,4), що відповідає кислим ґрунтам, а також вміст гумусу на рівні 2,71 %. Щодо основних макроелементів живлення (NPK), забезпеченість азотом та фосфором була низькою і становила відповідно 78,0 та 45,0 мг/кг, тоді як вміст калію знаходився на середньому рівні – 98,0 мг/кг.

Об'єктом дослідження стали чотири біоенергетичні культури: сіда багаторічна (*Sida hermaphrodita* Rusby) сорту «Фітоенергія», сорго багаторічне (*Sorghum alnum* Parodi) сорту «Колумбо», міскантус гігантеус (*Miscanthus giganteus* G.) сорту «Осінній зорецвіт» та сильфій пронизанолистий (*Silphium perfoliatum* L.) сорту «Сонечко». Вирощування культур здійснювалося на фоні внесення мінеральних добрив у нормі $N_{65}P_{65}K_{65}+N_{25}$.

Дослід організовано за схемою рандомізованих блоків із чотирикратною реплікацією. Загальна площа дослідного поля становила 350 м², при цьому площа облікової ділянки – 15 м². В межах досліді проводився комплекс агротехнічних заходів, що відповідали загальноприйнятим практикам, за винятком окремих технологічних прийомів, які були предметом дослідження.

Основним об'єктом аналізу була продуктивність біоенергетичних культур на малопродуктивних землях. Для оцінки ефективності застосовувалися комплексні показники врожайності біомаси та її енергетичного потенціалу. Результати оброблялися за допомогою статистичних методів для встановлення достовірності отриманих даних.

На всіх варіантах експерименту проводили фенологічні спостереження згідно з методикою, рекомендованою Державною комісією з сортовипробування сільськогосподарських культур. Врожайність визначали за методом суцільної облікової ділянки з подальшим перерахунком на гектар.

Результати досліджень. В Україні з близько 30 млн га сільськогосподарських земель приблизно 4 млн га припадає на малопродуктивні угіддя, які можуть бути

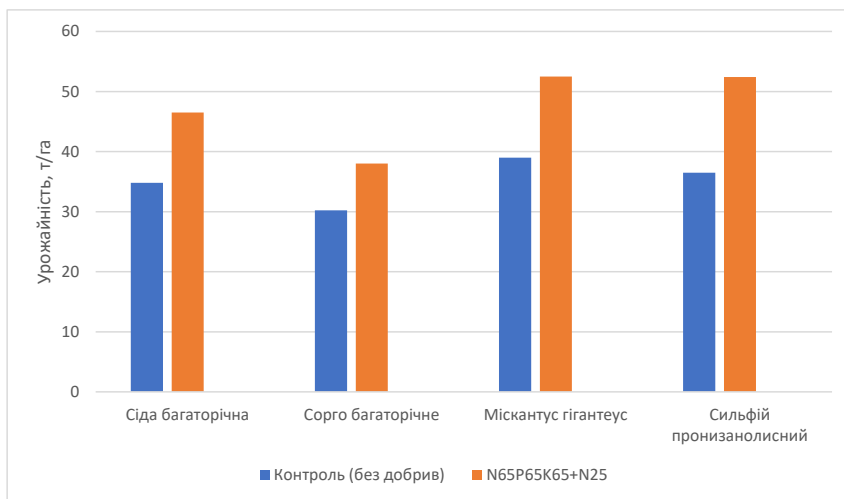
ефективно використані для вирощування енергетичних культур. Одним із ключових завдань для науковців і сільськогосподарських виробників є розробка та оптимізація технологій вирощування цих культур, а також економічне і енергетичне обґрунтування відповідних технологічних процесів із урахуванням ґрунтово-кліматичних особливостей регіону. Наразі в країнах Європейського Союзу близько 13,0 млн га сільськогосподарських земель придатні для вирощування біоенергетичних культур. За оцінками Європейської комісії, приблизно 10 % загальної площі сільськогосподарських угідь має бути використано під енергетичні культури.

В Україні активно ведеться науково-дослідна діяльність у сфері вирощування енергетичних культур. Станом на сьогодні дослідники вивчають понад 20 видів швидкорослих рослин, вирощування яких є доцільним з метою отримання рослинної біомаси. До групи енергетичних культур відносять як олійні культури, з яких виробляють рідке біопаливо, так і багаторічні трав'янисті види, що використовуються як сировина для виготовлення твердого палива у вигляді гранул та брикетів.

На сьогодні в Україні нараховується близько 3,5 млн гектарів земель, які були виведені з інтенсивного сільськогосподарського використання через низьку родючість, деградаційні процеси та ерозійну небезпеку. Використання цих угідь для вирощування високопродуктивних і швидкорослих біоенергетичних культур є доцільним, оскільки такі агроєкосистеми сприяють зменшенню ерозійних процесів, поліпшенню структури ґрунту, збагаченню гумусового горизонту та підвищенню загального енергетичного й екологічного потенціалу країни.

Продуктивність енергетичних культур безпосередньо визначається комплексом ґрунтово-кліматичних чинників, серед яких ключову роль відіграє забезпечення оптимального рівня мінерального живлення шляхом раціонального застосування добрив з метою підтримання балансу основних елементів живлення в агроєкосистемі.

Уніфікована система удобрення та погодні умови по-різному позначилися на врожайності різних енергетичних культур, демонструючи неоднакову реакцію рослин на однакові агротехнічні чинники (рис. 1).



$HR_{05}=1,54$

Рис. 1. Врожайність зеленої маси енергетичних культур, середнє за 2023-2024 рр.

У результаті проведених досліджень встановлено, що найбільше накопичення вегетативної маси спостерігалось у рослин міскантуса гігантеусу та сільфії пронизанолистої. Урожайність міскантуса гігантеусу становила 39,0 т/га за умов вирощування без добрив і підвищувалася до 52,5 т/га за внесення мінерального живлення. У сільфії пронизанолистої відповідні показники сягали 36,5 т/га та 52,4 т/га.

Найнижчі показники урожайності зафіксовано у сорго багаторічного – 30,2 т/га на контрольному варіанті та 38,0 т/га за внесення добрив. Урожайність сіди багаторічної становила 34,8 т/га за умов вирощування без удобрення та зростала до 46,5 т/га при застосуванні мінерального живлення.

Встановлено, що впродовж усього періоду досліджень урожайність біоенергетичних культур на варіантах із внесенням добрив була суттєво вищою порівняно з контрольними ділянками без удобрення. Зокрема, для сіди багаторічної приріст урожайності становив 35,5%, тоді як для сорго багаторічного – 29,6%. Дослідження підтвердили вищу чутливість сіди багаторічної до мінерального живлення, оскільки її приріст урожайності перевищував аналогічний показник у сорго багаторічного на 5,9%.

На основі отриманих даних урожайності біоенергетичних культур було розраховано вихід умовного палива. Енергетичний потенціал біомаси виражали у тоннах умовного палива (т у. п.), що є загальноприйнятою енергетичною одиницею в Україні. Цей показник відображає кількість енергії, яка еквівалентна теплотворній здатності однієї тонни вугілля і використовується для уніфікованої оцінки різних видів енергетичної сировини.

Умове паливо застосовується як стандартна енергетична одиниця для порівняльної оцінки ефективності та обліку різних видів палива. Воно визначається як теплова енергія, що утворюється при повному згорянні 1 кг палива з теплою згоряння 7000 ккал/кг. У нафтогазовій геології усталеною практикою є конвертація 1 млрд м³ природного газу у 1 млн тонн умовного палива. У рамках нашого дослідження було проведено розрахунки необхідної кількості біомаси з енергетичних культур для отримання 1 кг умовного палива, використовуючи результати польового експерименту.

У результаті проведених досліджень було визначено розрахунковий вихід біогазу з урожаю енергетичних культур. Залежно від біологічних особливостей сортів, обсяг потенційного виходу біогазу коливався у межах від 3016 до 4315 м³ з одного гектара (рис. 2).

За результатами проведених досліджень встановлено, що міскантус гігантеус та сіда багаторічна характеризуються високою продуктивністю надземної біомаси, що робить їх перспективними культурами для виробництва біогазу як виду біопалива.

За останні роки в Україні спостерігається суттєве збільшення площ, відведених під енергетичні культури, що забезпечує потенціал їх використання як сировини для виробництва біогазу до 50 млн га. Економічно доцільним є застосування міскантуса гігантеуса та сіди багаторічної, які можуть ефективно вирощуватися на малопродуктивних та виведених із сівозміни землях.

Ключовим показником при оцінці енергетичних культур є енергетична віддача на одиницю маси (рис. 3.).

Найвищі значення енергетичної віддачі спостерігаються у сіди багаторічної та міскантуса гігантеуса і становлять відповідно 4018 та 4044 ккал/кг. Енергетична продуктивність сільфії пронизанолистої та сорго багаторічного перевищує 3776 та 3112 ккал/кг відповідно.

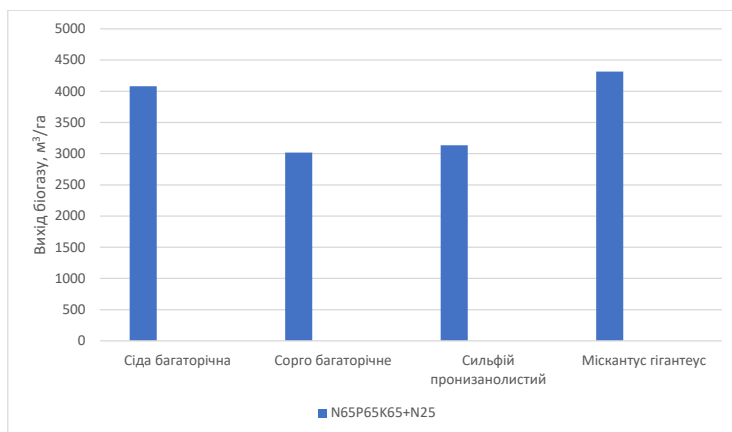


Рис. 2. Продуктивність біогазу з фітосировини багаторічних енергетичних рослин, вирощених на малопродуктивних землях

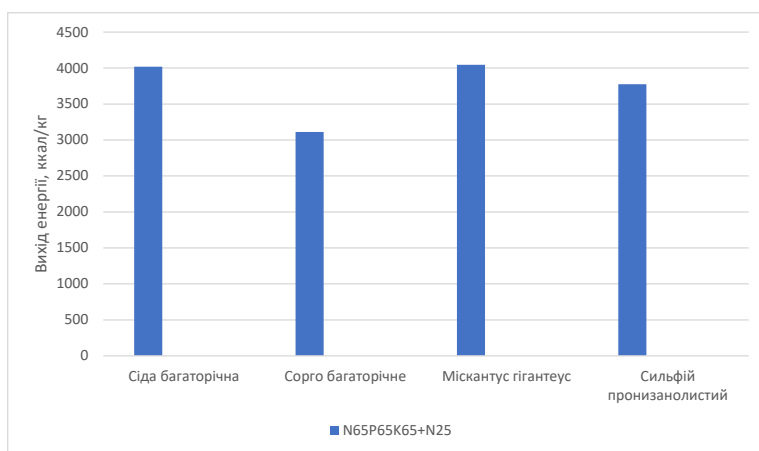


Рис. 3. Енергетична віддача фітосировини багаторічних енергетичних культур

Окрім використання основної фітосировини енергетичних культур для виробництва біопалива, доцільним є також залучення побічної продукції як джерела теплової енергії. Показники енергетичного виходу свідчать про можливість комплексного, безвідходного використання високопродуктивних енергетичних культур як для отримання біогазу, так і для генерації теплової енергії з побічних продуктів.

Висновки. Одним із пріоритетних напрямів розвитку фітоенергетики є залучення високопродуктивних рослин для виробництва твердого біопалива та генерації біогазу. В Україні вже створено спеціалізовані сорти енергетичних культур, які придатні для використання як сировина для різних видів біопалива – рідкого (етанол, біодизель), газоподібного та твердого (у вигляді брикетів і пелет). Ефективним підходом у цьому контексті є вирощування не лише традиційних, але й малопоширених багаторічних енергетичних культур, які характеризуються вищою врожайністю, нижчими енергозатратами та здатністю до продуктивного використання малопродуктивних або деградованих земель, непридатних для традиційного агровиробництва.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Gupta V. K., Tuohy M. G., Kubicek C. P., Saddler J. Bioenergy Research: Advances and Applications: textbook. Oxford. 2014. p. 500.
2. Hryhoriv Ya., Lyshenko M., Butenko A., Nechyporenko V., Makarova V., Mikulina M., Bahorka M., Tymchuk D.S., Samoshkina I., Torianyk I. Competitiveness and Advantages of Camelina sativa on the Market of Oil Crops. *Ecological Engineering and Environmental Technology*, 2023, 24(4), pp. 97–103 <https://doi.org/10.12912/27197050/161956>
3. Juodka, R., Nainienė, R., Juškienė, V., Juška, R., Leikus, R., Kadžienė, G., & Stankevičienė, D. Camelina (Camelina sativa (L.) Crantz) as feedstuffs in meat type poultry diet: A source of protein and n-3 fatty acids. *Animals*, 2022. 12(3), 295. <https://doi.org/10.3390/ani12030295>
4. Riaz, R., Ahmed, I., Sizmaz, O., & Ahsan, U.. Use of Camelina sativa and by – products in diets for dairy cows: Are view. *Animals*, 2022. 12 (9), 1082. <https://doi.org/10.3390/ani12091082>
5. Heletukha H. H., Zhelezna T. A., Kucheruk P. P., Oliynyk Y. M.. Current State and Prospects of Bioenergy Development in Ukraine. *Analytical Note BAE*. 2014. No. 9. P. 9–10.
6. Рижук С. М., Слюсар І. Т., Вергунов В. А. Агроекологічні особливості високоефективного використання осушених торфових ґрунтів у Поліссі та Лісостепу. Київ: Аграрна наука, 2002. 136 с.
7. Hryhoriv Ya., Butenko A., Kozak M., Rozhko V., Karpenko O., Tatorynova V., Bondarenko O., Nozdrina N., Stavyskyi A., Bordun R. Structure component and yielding Capacity of Camelina sativa. *Agriculture & Forestry*, Vol. 68 Issue 3: 93-102, 2022, Podgorica DOI: 10.17707/AgricultForest.68.3.07
8. Кургак В. Г., Левковський А. М., Єфремова Г. В., Лещенко О. Ю. Біоенергетичний потенціал багаторічних трав'янистих фітоценозів України. *Збірник наукових праць Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН*, 19, 2013. С. 63–67.
9. Kurhak V. H., Tkachenko M. A., Asanishvili N. M. Energy productivity of uncommon herbs for solid fuel manufacturing. *Ukrainian J. of Ecology*, 1, 2021. P. 299–305. doi: 10.15421/ 2021_45.
10. Hryhoriv Ya., Butenko Ye., Kabanets V., Filon V., Kriuchko L., Bondaričeva L., Mikulina M., Yevtushenko Ye., Polyvanyi A., Kovalenko V. Prospectives of Growing Energy Crops for the Production of Different Types of Biofuel. *Ecological Engineering and Environmental Technology*, 2024, 25(5), pp. 191–197 <https://doi.org/10.12912/27197050/185710>
11. Кургак В. Г., Ткаченко А. М. Біоенергетичний потенціал багаторічних трав'янистих фітоценозів. *Вісник аграрної науки*. 2016. № 2. С. 15–20.
12. Гелетуха Г. Г., Железна Т. А., Жовмір М. М. Оцінка енергетичного потенціалу біомаси в Україні. *Промислова теплотехніка*. 2010. № 6. С. 58–65.
13. Kurgak V. G. Panasyuk S. S., Asanishvili N. M. Influence of perennia llegume son the productivity of meadow phytocenoses. *Ukrainian J. of Ecology*, 2020. 6, 310–315. doi: 10.15421/ 2020_298.
14. Petrychenko V., Kurgak V., Rybak S. Bioenergy potential of meadows of Ukraine. *Grassland Federation*, 2014. 2, 143–145.
15. Гелетуха Г. Г., Железна Т. А., Олійник Є. М. Перспективи виробництва теплової енергії з біомаси в Україні. *Промислова теплотехніка*. 2013. № 4. С. 5–15.
16. Думич В. В., Журба Г. І., Курило Г. І. Технічні та технологічні заходи зі створення енергетичних плантацій свічграсу в умовах Полісся України. *Збірник наукових праць Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН*. 2013. Вип. 19. С. 37–42.
17. Роїк М., Курило В., Гументик М. Ефективність вирощування високоврожайних енергетичних культур. *Вісник Львівського національного аграрного університету*. 2011. Т. 15, № 2. С. 12–13.
18. Кургак В. Г. Лугові агрофітоценози. К.: ДІА, 2010. 124 с.
19. Федорчук М. І., Коковихін С. В., Каленська С. М. та ін. Агротехнологічні аспекти вирощування енергетичних культур в умовах Півдня України: навч. посіб. Херсон, 2017. С. 42–45.
20. Бенцаровський Д. М., Дацько Л. В. Зміни родючості ґрунтів України під впливом сільськогосподарського використання. *Охорона родючості ґрунтів*. Вип. 1. 2004. 123 с.

УДК 633.854:631.8

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.144.30>

ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ГІБРИДІВ СОНЯШНИКА ЗАЛЕЖНО ВІД БІОПРЕПАРАТУ

Шакалій С.М. – к.с.-г.н., доцент,

доцент кафедри рослинництва,

orcid.org/0000-0002-4568-1386

Кулик Є.І. – аспірант кафедри рослинництва,

Полтавський державний аграрний університет

orcid.org/0009-0006-0550-8614

Біопрепарати, такі як стимулятори росту, можуть значно покращити розвиток кореневої системи, збільшити листову поверхню та сприяти кращому формуванню кошиків, що в кінцевому підсумку призводить до збільшення врожайності. Важливим заходом для підвищення врожайності насіння соняшника є передпосівна обробка насіння стимуляторами росту. Для проведення досліджень актуальним є використання біопрепаратів перед посівом. Основним завданням наших досліджень було вивчити вплив біостимуляторів росту Азотофіт, Мікофренд, Органік – Баланс на показники продуктивності гібридів соняшника Арізона, Суміко та Рімі 2. Об'єкт досліджень передбачав застосування схеми двофакторного дослідження: фактор А – гібриди соняшника Арізона, Суміко та Рімі 2; фактор В – варіанти обробки насіння біопрепаратами: контроль (без обробки), обробка препаратами Азотофіт, Мікофренд, Органік – Баланс. Вивчали наступні показники – діаметр кошика, вихід насіння з кошика, маса кошика з насінням та його кількість, урожайність, масу 1000 насінин. За результатами досліджень виділено варіант з обробкою насіння біопрепаратом Органік – Баланс та Мікофренд. Встановлено вплив даних препаратів на підвищення показників продуктивності насіння та збільшення показника врожайності. Вивчено прояв досліджуваних ознак за варіантами дослідження. Виділено гібриди соняшника Суміко та Рімі 2 за обробки біопрепаратами Мікофренд та Органік – Баланс які мали найбільший вплив на досліджувані фактори. Отже, для отримання якісного і стабільного урожаю соняшника необхідно коригувати технологію вирощування культури, більше звертати увагу на передпосівну обробку біологічними препаратами насіння, обробку регуляторами росту за науково обґрунтованої системи удобрення та культури землеробства.

Ключові слова: соняшник, гібрид, продуктивність, біопрепарати, біометричні показники рослин, урожайність.

Shakalii S.M., Kulyk Ye.I. Formation of productive potential of sunflower hybrids depends on the biological preparation

Biological products, such as growth stimulants, can significantly improve the development of the root system, increase the leaf surface and promote better formation of baskets, which ultimately leads to an increase in yield. An important measure for increasing the yield of sunflower seeds is pre-sowing treatment of seeds with growth stimulants. The use of biological products before sowing is relevant for conducting research. The main task of our research was to study the effect of growth biostimulants Azotofit, Mycofriend, Organic - Balance on the productivity indicators of sunflower hybrids Arizona, Sumiko and Rimi 2. The object of the research involved the use of a two-factor experiment scheme: factor A - sunflower hybrids Arizona, Sumiko and Rimi 2; factor B - options for seed treatment with biological products: control (without treatment), treatment with drugs Azotofit, Mycofriend, Organic - Balance. The following indicators were studied - basket diameter, seed yield from the basket, weight of the basket with seeds and its number, yield, weight of 1000 seeds. According to the results of the research, a variant with seed treatment with the biological preparation Organic - Balance and Mycofriend was selected. The effect of these preparations on increasing seed productivity and increasing the yield index was established. The manifestation of the studied traits according to the experiment variants was studied. Sunflower hybrids Sumiko and Rimi 2 were selected for treatment with biological preparations Mycofriend and Organic - Balance, which had the greatest impact on the studied factors. Therefore, to obtain a high-quality and stable sunflower harvest, it is necessary to adjust the technology of growing the crop, pay more attention to pre-sowing treatment with biological preparations of seeds, treatment with growth regulators under a scientifically based system of fertilization and agricultural culture.

Key words: sunflower, hybrid, productivity, biological products, biometric indicators of plants, yield.

Постановка проблеми. Важливою умовою для підвищення урожайності сільськогосподарських культур, зокрема і соняшника, є стимуляція росту і розвитку рослин відповідними препаратами. Особливої уваги заслуговують речовини біологічного походження. Так, у світовій практиці понад 20% врожаю польових культур отримують за рахунок використання стимуляторів росту рослин. Крім того, застосування таких препаратів вигідне також з екологічної та економічної точки зору, ніж використання пестицидів [1-3]. Стимулятори росту посилюють біологічні процеси у рослинах з метою підвищення потенціалу урожайності культур. Це, зазвичай, фітогормони або їх аналоги, які активізують основні процеси життєдіяльності рослин, а також знижують вміст нітратів у них, підвищують біологічну ефективність рослинництва, стійкість до ураження хворобами та пошкодження шкідниками. Під час використання стимуляторів росту рослин для передпосівної обробки насіння зменшується токсичний вплив протруйників, але не втрачається їх захисний ефект. Крім того, при застосуванні даних препаратів посилюється розвиток деяких мікроорганізмів, а також процеси новоутворення гумусових сполук [4-5]. Тому застосування стимуляторів росту рослин дає змогу збільшити урожайність польових культур понад 15% [6-8].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На світовому ринку попит на олійні культури має тенденцію до зростання, що обумовлено збільшенням частки населення, орієнтованого на правильне харчування, споживання здебільшого рослинних жирів, а також інтенсивним нарощуванням виробництва біопалива, синтезованого з рослинних олій [8-10]. Використання стимуляторів росту рослин дозволяє збільшити обсяги виробництва сільськогосподарської продукції. Вченими була встановлена ефективність передпосівної обробки насіння пшениці озимої біостимуляторами росту. Біопрепарати відіграють важливу роль у вирощуванні соняшнику, покращуючи ріст, розвиток, врожайність та стійкість рослин до хвороб. Вони сприяють кращому засвоєнню поживних речовин, підвищують стійкість до стресових факторів, таких як посуха, та покращують якість врожаю. Використання біопрепаратів є екологічно безпечним та ефективним методом підвищення продуктивності соняшнику [11-13].

Біопрепарати, такі як стимулятори росту, можуть значно покращити розвиток кореневої системи, збільшити листову поверхню та сприяти кращому формуванню кошиків, що в кінцевому підсумку призводить до збільшення врожайності. Деякі біопрепарати, наприклад, мікоризні гриби, допомагають рослинам краще засвоювати поживні речовини з ґрунту, зокрема фосфор, що є важливим для соняшнику. Використання біопрепаратів для обробки насіння соняшнику не вимагає значних витрат у порівнянні із обробкою рослин і при цьому дозволяє забезпечити фунгіцидну дію, підвищення врожайності і забезпечує належну якість продукції [14].

Постановка завдання. Мета наших досліджень полягала у вивченні впливу біостимуляторів росту Азотофіт, Мікофренд, Органік – Баланс на показники продуктивності гібридів соняшника Арізона, Суміко компанії Сінгента та Рімі 2 Інституту землеробства (Сербія). Об'єкт досліджень передбачав застосування схеми двофакторного досліду: фактор А – гібриди соняшника Арізона, Суміко та Рімі 2; фактор В – варіанти обробки насіння біопрепаратами: контроль (без обробки), обробка препаратами Азотофіт, Мікофренд, Органік – Баланс.

Дослідження проводили упродовж 2022–2024 рр. в СФГ «Татіана», що знаходиться в Лубенському районі Полтавської області. Технологія вирощування соняшника в досліді передбачала використання загально- прийнятих для

грунтово-кліматичної зони агротехнічних заходів та прийомів. Закладення досліду, проведення обліків і спостережень виконували відповідно до вимог загально-визнаних методик ведення польових дослідів у землеробстві та рослинництві. Ґрунт земельної ділянки – чорнозем типовий малогумусний. Механічний склад ґрунту – важкий суглинок. Характеризується такими агрохімічними показниками: вміст гумусу в шарі 0–20 см – 4,85%, 20–40 см – 3,91%. За даними агрохімічного обстеження ґрунти дослідного поля добре забезпечені основними елементами живлення рослин. В орному шарі міститься 11–13 мг азоту, що гідролізується (за Корнфілдом), 10–15 мг рухомого фосфору (за Чириковим), 16–20 мг обмінного калію на 100г ґрунту (за Чириковим). Клімат зони помірно-континентальний, для якого характерне нестійке зволоження, холодна зима і жарке, а часто посушливе літо. Середньобогаторічна температура повітря дорівнює 7,7°C, а сума опадів – 508 мм. За вегетаційний період середня температура повітря становить 19,1°C, а кількість атмосферних опадів – 214,5 мм. Погодні умови впродовж років досліджень були дещо відмінними від середніх багаторічних значень основних метеорологічних показників. Так, за вегетаційний період 2022 р., сума опадів склала 216,4 мм, а середня температура повітря – 20,6 °C, що перевищує норму, відповідно на 1,9 мм і 1,5 °C. Впродовж вегетаційного періоду 2023 р., опадів випало на 63,2 мм більше середнього багаторічного значення, а середня температура повітря перевищувала норму на 1,5 °C. Гідротермічний коефіцієнт дорівнював відповідно 0,85 та 1,09 за середнього багаторічного показника 0,91 [15].

Виклад основного матеріалу дослідження. Діаметр кошика соняшника може збільшуватися при використанні певних біопрепаратів, зокрема, деяких біостимуляторів. Наприклад, дослідження показали, що використання біопрепарату, такого як Азотофіт, призводило до збільшення діаметру кошика соняшника у гібриду Арізона до 15,5 см, а от препарат Мікофренд мало найбільший показник, який становив 17,8 см, та на 0,4 см меншим він був за використання препарату Органік – Баланс, порівняно з контрольними зразками по гібриду Арізона.

По інших гібридах Суміко та Рімі 2 за використання препарату Азотофіт показник діаметр кошика становив 15,0 та 14,8 см, відповідно; за використання Мікофренд – 18,3 та 17,9 см, відповідно та Органік – Баланс – 18,0 та 17,3 см. Як видно з таблиці 1, суттєвий вплив препарати мали на формування у кошику пустої середини, яка становила від 1,90 до 3,1 см залежно від гібриду та біопрепарату та озерненої частини кошика (табл. 1).

Вихід насіння з кошика соняшника, або насіннєва врожайність, залежить від багатьох факторів, включаючи гібрид, умови вирощування, густоту посіву та час збирання. В середньому, вихід насіння може коливатися від 60% до 70% від маси кошика, але це значення може бути вищим або нижчим [11].

У наших дослідженнях найбільшим вихід насіння з кошика отримано у гібриду Суміко за використання біопрепаратів таких як Мікофренд – 82,1 % та Органік – Баланс – 80,9 %. Дещо менші показники були у гібриду Рімі 2 від 68,1 до 80,4 %, залежно від біопрепарату. Та найменшим вихід насіння з кошика був у гібриду Арізона: від 69,9 % на контролі до 75,5 % препарат Азотофіт.

Біопрепарати можуть значно впливати на продуктивність соняшнику, зокрема на врожайність та стійкість до хвороб. Застосування біопрепаратів може призводити до збільшення врожаю насіння, покращення якості насіння та зниження негативного впливу несприятливих умов навколишнього середовища [14]. Як бачимо з наших досліджень показник маса кошика з насінням була найменшою на контролі і становила по гібридах від 56,3 г (Рімі 2) до 59,7 г у гібриду Суміко (табл. 2).

Таблиця 1

**Діаметр кошика соняшника залежно від варіанту досліду, см, %
(середнє 2022-2024 рр.)**

Гібрид	Біопрепарати	діаметр кошика, см			вихід насіння з кошика
		всього	в тім числі		
			пустої середини	озерненої частини	
Арізона	контроль	14,7	2,40	12,3	69,9
	Азотофіт	15,5	2,40	13,1	75,5
	Мікофренд	17,8	2,60	15,2	74,4
	Органік - Баланс	17,4	2,70	14,7	72,8
Суміко	контроль	14,4	2,79	11,5	69,4
	Азотофіт	15,0	2,80	12,2	74,8
	Мікофренд	18,3	3,10	15,2	82,1
	Органік - Баланс	18,0	3,00	15,0	80,9
Рімі 2	контроль	13,7	1,90	11,8	68,1
	Азотофіт	14,8	2,20	12,6	72,7
	Мікофренд	17,9	2,09	15,0	80,4
	Органік - Баланс	17,3	2,60	14,7	79,9

Таблиця 2

**Продуктивність гібридів соняшника залежно від фактора досліджень,
середнє 2022-2024 рр.**

Гібрид	Маса кошика з насінням, г	Кількість насіння в кошику, шт
контроль		
Арізона	56,8	794
Суміко	59,7	890
Рімі 2	56,3	782
Азотофіт		
Арізона	101,2	1473
Суміко	124,7	1510
Рімі 2	98,9	1010
Мікофренд		
Арізона	128,1	1490
Суміко	134,1	1589
Рімі 2	125,0	1498
Органік - Баланс		
Арізона	126,4	1395
Суміко	132,1	1495
Рімі 2	126,0	1484

За використання препарату Азотофіт за середніми даними ми спостерігаємо найбільшу масу у гібриду Суміко – 124,7 г, дещо меншу у Арізони – 101,2 г.

Біопрепарат Мікофренд показав дані від 125 до 134,1 г, та за використання Органік – Баланс показники були у гібриду Арізона – 126,4 г, Суміко – 132,1 г та Рімі 2 – 126,0 г.

Кількість насіння в кошику соняшника залежить від багатьох факторів, зокрема, від погодних умов, рівня живлення рослини, сорту, густоти посіву та наявності шкідників і хвороб.

Зокрема, важливу роль відіграють: нестача вологи та надмірні температури під час формування та наливу насіння можуть значно зменшити кількість насіння та їх наповненість.

За кількістю насіння в кошику показник був найбільшим у гібриду Суміко за використання біопрепарату Мікофренд і становив 1589 штук насінин. Дещо меншою була кількість насіння у гібриду Рімі 2 від 782 до 1498 штук, та у гібриду Арізона – 794 – 1490 штук.

Урожайність та маса 1000 насінин соняшника залежать від багатьох факторів, таких як гібрид, умови вирощування та технологія обробітку, застосування біопрепаратів.

Проте, сучасні гібриди мають потенціал значно перевищувати врожайність традиційних сортів.

У наших дослідженнях гібрид Арізона за роки досліджень мав найменшу врожайність на контролі, яка склала 1,56 т/га. За використання біопрепаратів Азотофіт показник становив – 2,14 т/га, Мікофренд – 3,00 т/га та Органік – Баланс – 2,84 т/га.

Гібрид Суміко найбільшу урожайність отримав за використання біопрепарату Мікофренд і склав 3,20 т/га, на 0,24 т/га меншою була врожайність за використання Органік – Баланс та на 0,8 т/га менша по препарату Азотофіт (табл. 3).

Таблиця 3

Урожайність та маса 1000 насінин гібридів соняшника, середнє 2022-2024 рр.

Гібрид	Біопрепарати	Урожайність, т/га	Маса 1000 насінин, г
Арізона	контроль	1,56	64,0
	Азотофіт	2,14	72,0
	Мікофренд	3,00	74,8
	Органік - Баланс	2,84	73,9
Суміко	контроль	1,60	64,3
	Азотофіт	2,40	73,0
	Мікофренд	3,20	75,1
	Органік - Баланс	2,96	74,4
Рімі 2	контроль	1,59	64,8
	Азотофіт	2,30	72,8
	Мікофренд	2,91	74,2
	Органік - Баланс	2,84	73,8

Дослідження проведенні над гібридом Рімі 2 показав низьку врожайність на контролі – 1,59 т/га, за використання Азотофіта – 2,30 т/га, на 0,54 т/га вищими є показники за використання Органік – Баланс, та на 0,61 т/га більшою є врожайність гібриду за препаратом Мікофренд.

Маса 1000 насінин соняшника є важливим показником якості насіння і може варіюватися в широких межах, зазвичай від 50 до 80 грамів, в залежності від гібриду та умов вирощування.

У наших дослідженнях показник маси 1000 насінин по гібриду Арізона був у межах від 64,0 до 74,8 г, залежно від використання препарату. Найбільшу масу 1000 насінин було отримано у гібридів Суміко та Рімі 2 за використання біопрепарату Мікофренд – 75,1 та 74,2 г, відповідно.

Висновки і пропозиції. Аналіз отриманих результатів експерименту показав, що кращі результати були отримані на варіанті із застосуванням біопрепаратів Мікофренд та Органік – Баланс по гібридах Суміко та Рімі 2. Хоча гібрид Арізона мав дещо менші показники та незначні відхилення і також рекомендується до застосування у виробництві, що забезпечить отримання якісної продукції, та

стабільного урожаю. Отже, для отримання якісного і стабільного урожаю соняшника необхідно коригувати технологію вирощування культури, більше звертати увагу на передпосівну обробку біологічними препаратами насіння, обробку регуляторами росту за науково обґрунтованої системи удобрення та культури землеробства.

Перспективою подальших досліджень є вивчення впливу біопрепаратів Азо-тофіт, Мікофреннд та Органік – Баланс на елементи насіннєвої продуктивності гібридів соняшника в польових умовах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Коваленко О. А., Нерода Р. С. Продуктивність соняшнику в умовах півдня України за позакоренових підживлень мікродобривами. *International scientific journal «Grail of Science»*. 2022. № 21. С. 79–84. DOI: <https://doi.org/10.36074/grailof-science.28.10.2022.012>
2. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур: підручник. Львів: НВФ «Українські технології». 2020. 806 с.
3. Присяжнюк М. П. Урожайність озимої пшениці в залежності від строків сівби, норм і способів застосування регуляторів росту. *Збірник наукових праць Подільського ДАТУ*. 2015. С. 52–60.
4. Баган А. В., Юрченко С. О., Шакалій С. М. Формування посівних якостей насіння зернобобових культур залежно від стимулятора росту Foliar Concentrate. *Таврійський науковий вісник*. 2020. № 113. С. 3–9. DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.113.1>
5. Шакалій С. М. Вплив бактеріальних препаратів та мікродобрива на посівні якості насіння соняшнику. *Вісник Центру наукового забезпечення АПВ Харківської області*. Випуск 24. Харків. 2018. С. 127–135. <https://dspace.pdau.edu.ua/handle/123456789/5808>
6. Буряк Ю. І., Бондаренко Л. В., Чернобаб О. В., Огурцов Ю. Є. Прискорене розмноження насіння нових сортів ярих зернових культур за допомогою сучасних регуляторів росту. *Вісник ХНАУ*. Харків, 2011. № 6. С. 139–152.
7. Мельник І. П., Присяжнюк М. П. Застосування регуляторів росту в технологіях вирощування с.-г. культур. *Матеріали міжнародної конференції, м. Львів*, 2013. С. 45–47.
8. Шевченко М. В., Кудегуб Г. О., Мозговий Р. С. Вплив позакоренового підживлення на біометричні показники і врожайність соняшнику. *Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія «Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво і зберігання»*. 2019. Вип. 2. С. 145–151. DOI: <https://doi.org/10.35550/ISSN2413-7642.2019.02.15>
9. Козаренко Д. О. Застосування гуматів – перспективний метод зменшення хімічного навантаження на агроценози. *Карантин і захист рослин*. 2013. № 8. С. 14–16.
10. Шакалій С. М., Юрченко С. О., Баган А. В., Шевченко В. В., Зароза А. О. Особливості росту та розвитку соняшника залежно від біопрепаратів. *Вісник ПДАА*. 2022. № 3. С. 11–17. doi: 10.31210/visnyk2022.03.01
11. Домарацький Є. О. Формування листової поверхні та фотосинтетична діяльність рослин соняшника залежно від добрив і рістрегулюючих препаратів. *Аграрні інновації*. 2021. № 5. С. 22–29. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.5.4>
12. Кутіщева Н. М., Шугурова Н. О., Одинець С. І. Комплексний підхід до сучасних аспектів в селекції соняшнику. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2021. № 30. С. 34–42.
13. Паламарчук В. Д. Позакоренові підживлення у сучасних технологіях вирощування гібридів соняшнику. *Агробіологія*. 2020. № 1. С. 137–144. DOI: <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2020-157-1-137-144>
14. Сидякіна О. В., Павленко С. Г. Ефективність застосування мікроелементів у системі живлення рослин соняшнику. *Таврійський науковий вісник*. 2021. № 118. С. 152–158. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.118.19>
15. Шакалій С. М., Кулик Є. І. Вплив способів обробки біостимуляторами на посівні якості насіння соняшника. *Таврійський науковий вісник*. 2024. № 137. С. 343–351. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.137.40>

УДК 633.11:631.46:631.559

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.144.31>

ВПЛИВ ПОПЕРЕДНИКІВ ТА СТИМУЛЯТОРІВ РОСТУ НА УРОЖАЙНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ СОРТІВ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ

Шакалій С.М. – к.с.-г.н., доцент,

доцент кафедри рослинництва

Полтавський державний аграрний університет

orcid.org/0000-0002-4568-1386

Шендецький О.О. – студент I курсу магістратури

Навчально-науковий інститут агротехнологій

Полтавського державного аграрного університету

orcid.org/0009-0006-8473-2840

Пліщенко В.О. – студент I курсу магістратури

Навчально-науковий інститут агротехнологій

Полтавського державного аграрного університету

orcid.org/0009-0005-2591-3265

Хелатні добрива значно впливають на урожайність пшениці, особливо у випадках, коли рослини мають обмежений доступ до мікроелементів через ґрунтові умови або інші фактори. Застосування хелатних форм мікроелементів, таких як цинк, марганець, мідь та інші, може значно підвищити врожайність та якість зерна пшениці. Дослідження показують, що застосування хелатних добрив може призвести до значного збільшення врожайності пшениці та покращення якості зерна, зокрема вмісту білка та інших важливих компонентів. У статті наведено результати досліджень, проведених на чорноземі типовому впродовж 2023–2025 рр. в умовах ФГ «Назарівське» Лубенського району Полтавської області. Досліджено вплив попередників, використання хелатних добрив в поєднанні та на контролі урожайність та якість пшениці озимої. Визначено, як формуються показники якості зерна пшениці озимої у роки досліджень. Препарат Альбіт сприяв підвищенню врожайності зерна пшениці озимої сорту Богдана при вирощуванні за попередником пар, а сорт Смуглянка – за попередником горох. Застосування препарату Поліфід є більш доцільним при обробці посівів сорту Богдана по ячменю та сорту Смуглянка по гороху. Поєднання препаратів Поліфід і Альбіт ефективніше на варіантах попередника пар при обробці посівів обох сортів. Застосування препарату Альбіт окремо та разом із препаратом Поліфід сприяло зниженню на 0,7–1,4 % вмісту протеїну в зерні озимої пшениці обох сортів при вирощуванні за попередником ячмінь; на випадках таких попередників, як пар і горох їх вплив неоднозначно. Більш висока врожайність зерна озимої пшениці відзначена при дефіциті атмосферних опадів та їх середньобагатолітніх значеннях на варіантах попередників пар та горох. Однак при перевищенні кількості опадів урожайність на варіанті попередника ячмінь була вищою, ніж на варіантах розміщення по пару та гороху – відповідно на 15,7 та 24,4 %.

Ключові слова: пшениця озима, сорт, урожайність, хелатні добрива, вміст білка, якість клейковини.

Shakalii S.M., Shendetskyi O.O., Plishenko V.O. Influence of predecessors and growth stimulators on the yield and quality of winter wheat varieties

Chelate fertilizers significantly affect wheat yield, especially in cases where plants have limited access to trace elements due to soil conditions or other factors. The use of chelated forms of trace elements, such as zinc, manganese, copper, and others, can significantly increase the yield and quality of wheat grain. Studies show that the use of chelated fertilizers can lead to a significant increase in wheat yield and improvement in grain quality, in particular the content of protein and other important components. The article presents the results of research conducted on typical black soil during 2023–2025 in the conditions of the Nazarivske Farm in the Lubensky District of the Poltava Region. The influence of precursors, the use of chelated fertilizers in combined and control on the yield and quality of winter wheat was studied. It was determined

how the quality indicators of winter wheat grain are formed during the years of research. The drug Albit contributed to an increase in the yield of winter wheat grain of the Bogdana variety when grown with a predecessor of par, and the Smuglyanka variety - with a predecessor of peas. The use of the drug Polifid is more appropriate when treating crops of the Bogdana variety with barley and the Smuglyanka variety with peas. The combination of the drugs Polifid and Albit is more effective on the variants of the predecessor of par when treating crops of both varieties. The use of the drug Albit separately and together with the drug Polifid contributed to a decrease in the protein content in the grain of winter wheat of both varieties by 0.7–1.4% when grown with a predecessor of barley; in the cases of such predecessors as par and peas, their effect is ambiguous. Higher yield of winter wheat grain was noted with a deficit of atmospheric precipitation and their average long-term values on the variants of the predecessors of par and peas. However, when the amount of precipitation exceeded the yield on the barley predecessor variant was higher than on the steam and pea variants - by 15.7 and 24.4%, respectively.

Key words: winter wheat, variety, yield, chelate fertilizers, protein content, gluten quality.

Постановка проблеми. Вирощування пшениці озимої з використанням сучасних інтенсивних технологій потребує застосування екологічно небезпечних синтетичних мінеральних добрив та пестицидів, які здатні забруднювати рослинницьку продукцію, ґрунти, водойми, а також мають негативний вплив на здоров'я людини [1]. Проблеми виробництва високоякісного зерна пшениці озимої в умовах виходу України на міжнародні зернові ринки мають актуальне значення. Один зі шляхів збільшення його якості є впровадження у виробництво високоефективних конкурентоспроможних технологій вирощування цієї культури [2–4]. Збільшення потенціалу врожайності завжди було і залишається фундаментально важливим у селекційних програмах. Але сучасні сорти повинні бути не тільки високоврожайними, що дають продукцію високої якості, але і стійкими до несприятливих факторів середовища, високоадаптованими, високогомеостатичними. Тільки висока адаптивність сорту (обумовлена гомеостатичністю його генотипу) може забезпечити стабільність врожаю в різних екологічних умовах [5–7].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Експериментальні дані та результати досліджень вітчизняних і закордонних учених показують, що виростити конкурентоспроможну рослинницьку продукцію можливо лише на основі науково-технічного прогресу, який утілюється в системах землеробства сучасними технологіями вирощування сільськогосподарських культур [8–10]. Оптимізація технологічних заходів вирощування сортів пшениці озимої з метою підвищення продуктивності агроценозів, стабілізації виробництва зерна та поліпшення його якості на сучасному етапі є важливим питанням, вирішення якого покращить позиції України на світових ринках. Серед основних агротехнічних заходів, які впливають на якість зерна пшениці, велике значення має живлення рослин, особливо фон азотного живлення. Якість зерна залежить від норм добрив, причому правильний вибір доз і строків внесення азоту має першочергове значення як для рівня врожаю, так і для якості зерна [11–13]. Надмірна хімізація й виснаження ґрунтів призводять до різкого зниження родючості ґрунту, тому надзвичайно важливо знизити хімічне навантаження, розкрити невикористані можливості біотехнології, розробити й упровадити нові методи для екологічної оптимізації захисту рослин. Більшість біологічних добрив, засобів захисту, регуляторів росту рослин розроблено на основі відбору та генетичного вдосконалення мікроорганізмів [14–16].

Постановка завдання. Дослідження проводили упродовж 2022–2024 рр. в ФГ «Назарівське», що знаходиться в Лубенському районі Полтавської області. Технологія вирощування пшениці в досліді передбачала використання загальноприйнятих для ґрунтово-кліматичної зони агротехнічних заходів та прийомів. Закладення дослідів, проведення обліків і спостережень виконували відповідно

до вимог загальноновизнаних методик ведення польових дослідів у землеробстві та рослинництві.

Грунт земельної ділянки – чорнозем типовий малогумусний. Механічний склад ґрунту – важкий суглинок. Характеризується такими агрохімічними показниками: вміст гумусу в шарі 0–20 см – 4,85%, 20–40 см – 3,91%. За даними агрохімічного обстеження ґрунти дослідного поля добре забезпечені основними елементами живлення рослин. В орному шарі міститься 11–13 мг азоту, що гідролізується (за Корнфілдом), 10–15 мг рухомого фосфору (за Чириковим), 16–20 мг обмінного калію на 100г ґрунту (за Чириковим). Клімат зони помірно-континентальний, для якого характерне нестійке зволоження, холодна зима і жарке, а часто посушливе літо. Середньобагаторічна температура повітря дорівнює 7,7°C, а сума опадів – 508 мм. За вегетаційний період середня температура повітря становить 19,1°C, а кількість атмосферних опадів – 214,5 мм. Погодні умови впродовж років досліджень були дещо відмінними від середніх багаторічних значень основних метеорологічних показників [13].

Ділянки в досліді розміщені систематично один ярус. Повторність дослідів – триразова. Загальна площа ділянки 25 м² (6,25×4). Облікова площа ділянки – 20 м² (5×4). Дослід розгорнутий у часі та просторі.

Схема трифакторного дослідів включає: - фактор А – два сорти озимої пшениці: Богдана та Смуглянка; - фактор Б – три попередники пар, горох, ячмінь; - фактор В – чотири варіанти обробки стимуляторами росту: - Альбіт – обробка насіння при сівбі (50 мл/т насіння) – фон; - фон + Альбіт – обробка рослин у період весняно-літньої вегетації (40 мл/га + 40 мл/га); - фон + Поліфід – обробка рослин у період весняно-літньої вегетації (3 кг/га + 3 кг/га); - фон + Альбіт + Поліфід – обробка рослин у період весняно-літньої вегетації (в 2 терміни).

Виклад основного матеріалу дослідження. Підсумком проведення будь-яких досліджень є отриманий результат у вигляді підвищення врожайності культури та покращення якості рослинницької продукції.

У середньому за 2023-2025 рр. врожайність зерна озимої пшениці сорту Богдана без застосування добрив на варіантах посіву по пару та гороху (по 41,4 ц/га) була вищою на 4,4 ц/га, або на 10,6 %, ніж по ячменю (табл. 1). Ця перевага сформувалася в основному за рахунок більш високої врожайності в рік із середньою для даної місцевості кількістю опадів на варіантах посіву по пару (на 6,2 ц/га, або 13,7 %) і по гороху (на 10,2 ц/га, або 20,7 %) (табл. 1).

Варіювання врожайності залежно від попередників у рік з великою на 19,1 % кількістю атмосферних опадів (2024 р.) не є достовірним. У середньому за роки проведення дослідження врожайність зерна пшениці озимої сорту Смуглянка при розміщенні по пару була вищою, ніж по гороху та ячменю – відповідно на 2,6 і 1,6 ц/га (6,3 і 3,8 %). Найбільше перевищення врожайності при розміщенні по пару виявлено в умовах з різким недоліком атмосферних опадів порівняно з урожайністю по гороху (на 6,0 ц/га, або 13,0 %) та ячменю (на 7,6 ц/га, або 16,5 %). Однак при більш високій, ніж при середньорічній кількості опадів, урожайність виявилася на 4,9 ц/га (15,7 %) нижче при розміщенні по пару та на 7,1 ц/га (24,4 %) по гороху, ніж по ячменю.

У середньому за 2023-2025 рр. достовірне підвищення врожайності зерна (+6,1 ц/га, або 14,7 %) обумовлено застосуванням препарату Альбіт при вирощуванні озимої пшениці сорту Богдана за пару, що найбільш наочно виявилася в рік із середньобагаторічним рівнем зволоження (2023 р.) – +7,4 ц/га, атмосферних опадів (2025 р.) – +7,1 ц/га, або 15,8%. Найменшою мірою врожайність підвищилася

при розміщенні озимої пшениці по гороху та ячменю – по +3,7 ц/га, або відповідно на 8,9 та 10,0 %. Застосування препарату Альбіт сприяло зростанню врожайності пшениці озимої сорту Смоглянка при розміщенні за попередника горох більшою мірою (+6,0 ц/га, або 15,4 %), ніж при розміщенні по ячменю (+4,3 ц/га, або 10,8 %). Примітно, що при посіві пшениці озимої за попередником гороху ефективність препарату Альбіт спостерігалася в екстремальних умовах (перезволоження, посуха), а за попередником ячмінь при нормальних погодних умовах.

Таблиця 1

Урожайність зерна сортів озимої пшениці в залежності від попередників і добрив

Добрива	2023 р.		2024 р.		2025 р.	
	Богдана	Смоглянка	Богдана	Смоглянка	Богдана	Смоглянка
Пар						
Без добрив	45,2	47,4	34,2	31,3	44,8	46,2
Альбіт	52,6	46,2	38,1	33,6	51,9	45,9
Поліфід	50,6	46,7	33,0	31,2	44,5	53,1
Альбіт + Поліфід	56,8	54,7	38,1	37,5	48,8	50,2
Горох						
Без добрив	49,2	47,7	31,7	29,1	43,2	40,2
Альбіт	49,4	52,2	38,4	33,2	47,5	49,6
Поліфід	49,3	45,9	29,6	34,6	45,0	46,6
Альбіт + Поліфід	48,6	50,1	31,6	32,1	48,1	48,4
Ячмінь						
Без добрив	39,0	44,5	32,8	36,2	39,1	38,6
Альбіт	46,6	54,9	33,1	36,2	42,4	41,7
Поліфід	41,0	44,5	36,2	33,3	41,8	40,3
Альбіт + Поліфід	45,4	48,3	33,6	40,3	48,4	44,7
НІР ₀₅ (С)	3,1	3,1	1,6	1,6	2,0	2,0
НІР ₀₅ (В)	2,8	2,9	2,6	2,4	2,2	1,9
НІР ₀₅ (СВ)	5,1	4,0	4,2	3,2	3,9	3,8

У середньому 2023-2025 рр. препарат Поліфід виявив достовірну ефективність у посівах сорту Богдана за попередником пар – +5,4 ц/га, або 11,9 % в умовах із середньою вологозабезпеченістю (2023 р.), а також у поєднанні з препаратом Альбіт по пару та ячменю – відповідно +6,5 та 5,5 ц/га, або 15,7 та 14,9 %. Помітний ефект від використання препарату Поліфід відзначений при розміщенні сорту Смоглянка по пару та гороху (відповідно +2,1 та 3,4 ц/га, або 5,0 та 8,7 %), а також при поєднанні з препаратом Альбіт – по пару, гороху та ячменю відповідно +5,9, 4,4, 4,5 та 11,5 та 11,0 %.

Таким чином, у посівах озимої пшениці сорту Богдана кращими попередниками є пар і горох, перевага яких за врожайністю зерна над ячменем проявляється в основному в умовах із середньобагаторічною зволоженістю (відповідно на 13,7 і 20,7 %) і при гострому дефіциті %).

Врожайність зерна озимої пшениці сорту Смоглянка відзначена вище при розміщенні по попереднику пар, особливо в умовах недостатньої зволоженості

грунту, порівняно з урожайністю варіантів попередників горох (на 13,0 %) та ячмінь (на 16,5 %). Однак при значному перевищенні кількості атмосферних опадів від середньобагаторічних значень при розміщенні по ячменю врожайність була вищою, ніж по пару (на 15,7 %) та горохом (на 24,4 %).

Ефективність препарату Альбіт проявилася переважно при вирощуванні озимої пшениці сорту Богдана по пару, а горох як попередник кращий для сорту Смуглянка. Застосування препарату Поліфід найдоцільніше при розміщенні сорту Смуглянка по гороху та сорту Богдана по ячменю. Поєднання препаратів Поліфід + Альбіт є більш ефективним при посіві обох сортів по пару. Аналіз якості зерна озимої пшениці сорту Богдана виявив переважний вплив на вміст білка по попереднику пар порівняно з попередниками горох та ячмінь на варіанті вирощування без добрив – відповідно на 1,3 та 1,0 % (табл. 2).

Таблиця 2

Вплив попередників та добрив на показники якості зерна сортів озимої пшениці (2023–2025 рр.)

Добрива	Вміст білка, %		Вміст клейковини, %		ВДК-1, од. приладу	
	Богдана	Смуглянка	Богдана	Смуглянка	Богдана	Смуглянка
Пар						
Без добрив	15,1	14,1	27,7	28,9	80,8	75,1
Альбіт	14,6	14,5	29,4	29,2	77,9	80,6
Поліфід	14,8	15,3	29,8	28,5	84,3	80,1
Альбіт+Поліфід	14,6	15,1	29,9	29,0	81,8	78,0
Горох						
Без добрив	13,8	13,2	26,1	24,8	85,5	85,3
Альбіт	13,5	13,1	25,8	24,7	82,3	85,2
Поліфід	14,1	13,5	26,4	25,8	85,7	90,5
Альбіт+Поліфід	13,5	13,7	25,7	26,8	81,7	88,2
Ячмінь						
Без добрив	14,1	13,0	26,1	23,0	81,8	75,8
Альбіт	13,1	11,6	25,0	22,3	85,8	73,8
Поліфід	13,3	11,8	25,2	22,9	82,1	73,6
Альбіт+Поліфід	12,9	12,3	24,9	20,9	79,7	73,4

У зерні сорту Смуглянка спостерігалася аналогічна закономірність, де зниження вмісту білка в посівах за цими попередниками склало відповідно 0,9 та 1,1 % (табл. 2). На варіанті розміщення озимої пшениці по пару відзначено більш високий вміст клейковини в зерні порівняно з розміщенням по гороху та ячменю як у посівах сорту Богдана – на однакову величину 1,6 %, так і посівах сорту Смуглянка – відповідно на 4,1 та 5,9 %. Більш високі індекси клейковини (ВДК) у зерні озимої пшениці обох сортів відзначені при вирощуванні за попередником горох – 88,3–88,5 од., практично однакові значення – при вирощуванні по пару та ячменю: у зерні сорту Богдана – 80,8–8. 75,1–75,8 од.

Як випливає з даних, наведених у таблиці 2, застосування препарату Альбіт призвело до зниження вмісту білка в зерні пшениці озимої сорту Богдана за попередниками пар, горох і ячмінь відповідно на 0,5, 0,3 і 1,0 %. У цьому вміст клейковини у разі попередників горох і ячмінь знижувалося відповідно на 0,3 і 1,1 %, але в варіанті попередника пар підвищувалося на 1,7 %. Застосування препарату Поліфід

у посівах пшениці озимої сорту Богдана по пару призводило до зниження вмісту білка в зерні на 0,3 %, але до збільшення вмісту клейковини на 2,1 %, при цьому група якості ВДК залишалася на рівні контролю - II група. При розміщенні озимої пшениці по гороху збільшився вміст білка на 0,3 %, і вміст клейковини на 0,3 %, група якості клейковини залишалася без змін. При розміщенні озимої пшениці по ячменю вміст білка та клейковини знижувався – на 0,8 і 0,9 % без варіювання ВДК.

Спільне застосування препаратів Альбіт та Поліфід при вирощуванні озимої пшениці сорту Богдана призвело до зниження вмісту білка в зерні по пару, гороху та ячменю – відповідно на 0,5, 0,3 та 1,2 %. Вміст клейковини в зерні пшениці при розміщенні по гороху та ячменю знижувався – на 0,35 та 1,2 %, але збільшувався при розміщенні по пару – на 2,2 %.

Застосування препарату Альбіт у посівах пшениці озимої сорту Смоглянка знижувало вміст білка в зерні на варіантах попередників горох і ячмінь - на 0,1 і 1,4 % і вміст клейковини - на 0,1 і 0,7 % (табл. 3). На варіанті попередника пар вмісту білка і клейковини збільшувалася - відповідно на 0,4 і 0,3% при зниженні ВДК до II групи.

Застосування препарату Поліфід у посівах пшениці озимої сорту Смоглянка призводило до збільшення вмісту білка в зерні при розміщенні по пару – на 1,2 %, але до зниження вмісту клейковини – на 0,4 % при зниженні групи якості ВДК – до II групи. На варіанті попередника горох вміст білка і клейковини збільшився - на 0,3 і 1,0%. При розміщенні озимої пшениці по ячменю вміст білка і клейковини знижувався – на 1,2 та 0,1 %. Спільне застосування препаратів Альбіт і Поліфід у посівах пшениці озимої сорту Смоглянка зумовило як підвищення вмісту білка в зерні при розміщенні по пару і гороху – відповідно на 1,0 і 0,5 %, так і зниження цього показника при розміщенні по ячменю – на 0,7 %. При цьому вміст клейковини у варіанті попередника горох підвищувався на 2,5%, знижувалося на 2,1% у варіанті попередника ячмінь і залишалося без змін у варіанті попередника пар.

Висновки і пропозиції. Препарат Альбіт сприяв підвищенню врожайності зерна пшениці озимої сорту Богдана при вирощуванні за попередником пар, а сорт Смоглянка – за попередником горох. Застосування препарату Поліфід є більш доцільним при обробці посівів сорту Богдана по ячменю та сорту Смоглянка по гороху. Поєднання препаратів Поліфід і Альбіт ефективніше на варіантах попередника пар при обробці посівів обох сортів. Застосування препарату Альбіт окремо та разом із препаратом Поліфід сприяло зниженню на 0,7–1,4 % вмісту протеїну в зерні озимої пшениці обох сортів при вирощуванні за попередником ячмінь; на випадках таких попередників, як пар і горох їх вплив неоднозначно.

Перспективою подальших досліджень є вивчення впливу стимуляторів росту на біометричні показники рослин пшениці озимої.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Шакалій С.М., Баган А.В., Єщенко В.М., Сенчук Т.Ю. Ефективність елементів біологізації технології вирощування пшениці озимої в Лісостеповій зоні України. *Таврійський науковий вісник*. 2020. № 112. С. 174–180. <https://dspace.pdau.edu.ua/handle/123456789/8437>
2. Василенко М. Г., Стадник А. П., Душко П. М., Драга М. В., Кічігіна О. О., Зацарінна Ю. О. Урожайність і якість насіння сільськогосподарських культур за дії регуляторів росту рослин. *Агроекологічний журнал*. 2018. № 1. С. 96–101. DOI:10.33730/2077-4893.1.2018.161350
3. Вінюков О. О., Чугрій Г. А., Поплевко В. І., Шульц П., Скнипа Н. Л. Вплив мікробіологічних препаратів на фізіологічні процеси формування зернової про-

дуктивності пшениці озимої. *Вісник ПДАА*. 2022. № 2. С. 11–20. doi: 10.31210/visnyk2022.02.01

4. 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>

5. Остапчук М. О., Поліщук І. С., Мазур О. В., Максимов А. М. Використання біопрепаратів – перспективний напрямок вдосконалення агротехнологій. *Сільське господарство та лісівництво*. 2015. № 2. С. 5–17. http://nbuv.gov.ua/UJRN/agf_2015_2_3

6. Баган А.В., Юрченко С.О., Шакалій С.М. Мінливість потомства різних морфологічних частин колоса сортів пшениці озимої за кількісними ознаками. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2012. №4. С. 33-35. <https://dSPACE.pdau.edu.ua/handle/123456789/7697>

7. Юла В. М., Дрозд М. О. Вплив погодних умов та удобрення на продуктивність пшениці твердої ярої в північній частині Лісостепу. *Вісник аграрної науки*. 2015. №. 4. С. 23–27.

8. Grynyuk S. I. Продуктивність пшениці ярої залежно від обробітку ґрунту та системи удобрення в умовах Передкарпаття. *Agrology*. 2019. Т. 2. № 1. С. 41–46.

9. Шакалій С. М., Маренич М. М., Скубій А. С., Литвиненко Т. С., Шевченко В. Ю. Формування врожайності та якості сортів пшениці озимої за використання добрив фірми ТИМАК АГРО. *SWorld Journal*, Bulgaria. №16. С.125-130. <https://dSPACE.pdau.edu.ua/handle/123456789/13708>

10. Каленська С. М., Шутий О. І. Формування показників структури врожаю пшениці твердої ярої залежно від елементів технології вирощування. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агрономія і біологія*. 2015. №. 3. С. 170–173.

11. Судденко В. Ю. Урожайність зерна та посівні якості насіння пшениці м'якої ярої залежно від застосування фунгіцидів. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2014. Вип. 56. Ч. 1. С. 177–183.

12. 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>

13. Сметанко О. В., Бурикiна С. І., Кривенко А. І. Вплив елементів біологізації вирощування пшениці озимої на різних фонах мінерального живлення в умовах Південного Степу України. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 8 (785). С. 33–37. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201808-05>

14. Вінюков О. О., Бондарева О. Б., Коробова О. М., Чугрій Г. А. Вплив біопрепаратів на продуктивність пшениці озимої на різних фонах живлення в умовах Донецької обл. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 11. С. 41–47. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201811-06>

15. Гаврилюк В. А., Дідковська Т. П. Ефективність використання нових видів мікробіологічних препаратів і стимуляторів росту. *Вісник ХНАУ* (Сер. «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство»). 2008. № 4. С. 49–52.

16. Карабач К. С. Урожайність та показники якості пшениці озимої залежно від систем основного обробітку ґрунту та удобрення. *Plant & Soil Science*. 2019. Т. 10. №. 3. С. 42.

УДК 633.15:631.5:631.53.01:631.162

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.144.32>

ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ ГІБРИДНОЇ КУКУРУДЗИ: ЕКОНОМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ЧИННИКИ В ЗОНІ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Шевніков М.Я. – д.с.-г.н., професор,
професор кафедри рослинництва,
Полтавський державний аграрний університет
orcid.org/0000-0003-0810-523X

Гуцїн А.Ю. – аспірант кафедри рослинництва,
Полтавський державний аграрний університет
orcid.org/0009-0008-2326-0186

Дослідження спрямоване на визначення економіко-технологічних чинників формування врожайності гібридної кукурудзи в умовах Лісостепу України. Основна увага приділяється оцінці впливу агротехнологічних рішень, обробітку ґрунту, густоти стояння, вибору гібридів, систем удобрення та адаптивного менеджменту на продуктивність кукурудзи з урахуванням економічної доцільності їх застосування. У роботі використано аналітичний, статистичний, графічний і порівняльний методи. Узагальнено дані офіційної статистики за 2000–2023 рр., результати польових досліджень вітчизняних науковців, а також застосовано елементи порівняльного аналізу врожайності залежно від типу гібридів, рівня технологічного забезпечення та кліматичних умов. Визначено ключові чинники, що лімітують урожайність кукурудзи, а також сформовано модель оптимізації агропроцесів. Проведено динамічний аналіз урожайності кукурудзи в Україні та Лісостепу, який показав тенденцію до зростання продуктивності з паралельним зростанням технологічного навантаження та економічних витрат. Встановлено, що вирішальну роль у формуванні врожайності відіграє правильний вибір гібридів з урахуванням кліматичних ризиків, типу ґрунту, строків сівби та технології обробітку. Узагальнено, що раціоналізація агротехнологій, впровадження моніторингових систем та адаптивне планування дають змогу підвищити врожайність кукурудзи до 70–75 ц/га, а рентабельність виробництва – до 16–20%. Підкреслено важливість інтеграції економічного аналізу витрат з агрономічними рішеннями для досягнення сталих результатів. Формування врожайності гібридної кукурудзи є багатифакторним процесом, що вимагає системного підходу до управління агропроцесами. Поєднання технологічних та економічних чинників, таких як вибір гібридів, управління вологою, обробіток ґрунту, адаптивне застосування добрив та своєчасне проведення польових робіт, дозволяє не лише підвищити урожай, а й забезпечити прибутковість виробництва. Результати дослідження можуть бути використані аграрними підприємствами для оптимізації технологій вирощування кукурудзи в умовах Лісостепу України.

Ключові слова: гібридна кукурудза, урожайність, Лісостеп України, агротехнології, економічна ефективність, обробіток ґрунту, адаптивне управління, добрива.

Shevnikov M.Ya., Hushchyn A.Yu. Formation of hybrid maize yield: economic and technological factors in the Forest-Steppe zone of Ukraine

This study investigates the complex interplay of economic and technological factors that influence the yield formation of hybrid maize in the Forest-Steppe zone of Ukraine. Particular attention is paid to the role of agrotechnological decisions—such as hybrid selection, plant density, tillage methods, fertilization strategies, and adaptive field management—under varying climatic and economic conditions. The objective is to determine how the rational application of these factors can improve productivity and profitability in maize cultivation. The research is based on a combination of analytical, statistical, graphical, and comparative methods. It synthesizes official data on maize yields in Ukraine from 2000 to 2023 and incorporates the results of recent field trials conducted by Ukrainian scientists. The study employs comparative analysis to evaluate yield performance across different hybrid types, soil conditions, technological input levels, and environmental scenarios. A framework for optimizing agroproduction processes in

the region is developed. The dynamic analysis demonstrates a gradual increase in maize yields in both Ukraine as a whole and the Forest-Steppe zone, with a parallel rise in technological input and cost intensity. It is established that appropriate hybrid selection, matched to regional agroecological conditions, plays a central role in yield formation. Furthermore, the implementation of modern agrotechnological practices, such as optimized sowing times, precision fertilization, and monitoring systems, can raise average yields to 7.0–7.5 t/ha and increase profitability to 16–20%. The findings also highlight the significance of integrating real-time data and agro-economic modelling in decision-making.

The formation of hybrid maize yield is a multifactorial process that necessitates a systems-based and region-specific approach to agromanagement. Combining technological components—like drought-tolerant hybrids, conservation tillage, targeted fertilization, and moisture conservation—with economic strategies for input optimization enables both yield stability and cost-efficiency. The study provides a practical basis for developing adaptive maize production systems that respond effectively to climate variability and market conditions, contributing to the sustainable development of Ukrainian agriculture.

Key words: hybrid maize, yield, Forest-Steppe of Ukraine, agrotechnologies, economic efficiency, soil tillage, adaptive management, fertilizers.

Актуальність теми дослідження. У сучасних умовах аграрного виробництва стабільна висока врожайність кукурудзи є стратегічним завданням для продовольчої безпеки та розвитку експорту. Лісостеп традиційно залишається провідним регіоном вирощування цієї культури завдяки сприятливим агрокліматичним умовам, однак ефективність виробництва потребує постійного вдосконалення технологій та адаптації до кліматичних і ринкових викликів.

Зростання вартості ресурсів, погодні нестабільності та вимоги до якості продукції вимагають комплексного підходу до організації агровиробництва з урахуванням як технологічних інновацій, так і економічної доцільності. Актуальними є питання оптимального вибору гібридів, удосконалення агроприйомів, живлення, захисту рослин та адаптивного управління залежно від ресурсного забезпечення господарств.

З огляду на вагому роль кукурудзи у валовому виробництві зерна в Україні, дослідження чинників врожайності та формування рекомендацій для агровиробників набувають особливої важливості для підвищення конкурентоспроможності агросектору.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблематика підвищення врожайності гібридної кукурудзи в умовах Лісостепу України залишається актуальною як для науковців, так і для практиків. Сучасні дослідження зосереджені на вивченні технологічних та біологічних чинників продуктивності, адаптивності гібридів до різних агроекологічних умов та економічної ефективності агротехнічних рішень.

Аналіз наукових публікацій дає змогу узагальнити наявні напрацювання, виокремити пріоритетні напрями вдосконалення технологій та надати практичні рекомендації для аграріїв з урахуванням агрокліматичних ризиків. Далі подано огляд ключових результатів останніх досліджень щодо вирощування гібридної кукурудзи в зоні Лісостепу.

Voloshchuk, O., Zaviryukha, P., Andrushko, O., Kovalchuk, O., & Kovalchuk, Yu. [1] досліджували зернову продуктивність ранньостиглих і середньоранніх гібридів кукурудзи в умовах Західного Лісостепу України залежно від погодних чинників. Встановлено, що за умов збільшення суми активних температур і достатніх опадів гібриди української селекції здатні забезпечити стабільно високі врожаї.

Romashchenko M., Bohaienko V., Shatkovskyi A., Saidak R., Matiash T., Kovalchuk V. [2] узагальнили математичні моделі економічної ефективності сівозмін з урахуванням зрошення, добрив і екологічних ризиків у Лісостепу України. Встановлено, що вирощування кукурудзи як монокультури стає малорентабельним за підвищення вартості води для зрошення та зниження ціни на продукцію, що обґрунтовує доцільність гнучких сівозмін.

Baklanova T.V. та Mielieshko A.V. [3] узагальнили характеристику гібридів кукурудзи, зареєстрованих в Україні станом на 2024 рік, з акцентом на їх селекційне походження, групи стиглості та адаптацію до регіональних умов. Встановлено важливість правильного добору гібридів і впровадження сучасних агротехнологій як ключових чинників підвищення врожайності та конкурентоспроможності кукурудзи на світовому ринку.

Войцехівський, В., Рак, О., Денисюк, В., Шиш, А., Сметанська, І., Мулярчук, О., & Таганцова, М. [4] досліджували продуктивність і економічну ефективність вирощування інтенсивних гібридів кукурудзи та встановили середню урожайність на рівні 9,6 т/га та рентабельність понад 65% у 2019–2021 рр. Узагальнено, що ключовим чинником формування високої продуктивності є добір гібрида та сприятливі умови вирощування.

Marchenko T., Vozhegova R., Lavrynenko Y., Zabara P. [5] встановили позитивний вплив біопрепаратів, зокрема Хелафіт комбі та Хелафіт форте, на біометричні показники й урожайність ліній батьківських компонентів гібридів кукурудзи різних груп стиглості в умовах Південного Степу. Узагальнено, що ефективність дії препаратів варіюється залежно від густоти стояння рослин та групи стиглості, що дозволяє оптимізувати технології вирощування на зрошенні.

Dario Jareš, Sanja Balaš Krnjić, Marina Vranić, Zlatko Svečnjak [6] досліджували вплив густоти стояння на продуктивність інбредних ліній і споріднених ліній кукурудзи, встановлено, що підвищення густоти до 86 000 рослин/га суттєво збільшує врожайність sister-lines завдяки більшій кількості рядів і зерен у качані. Узагальнено, що реакція на густоту є генотипоспецифічною і не завжди пояснюється лише змінами індексу листової поверхні (LAI) та інтервалу між тичинковим і приймальним цвітінням (ASI).

Жемела Г. П., Бараболя О. В., Ляшенко В. В., Ляшенко Є. С., Подоляк В. А. [7] досліджували залежність продуктивності гібридів кукурудзи від норм висіву з урахуванням групи стиглості та агроекологічних умов. Встановлено, що тривалість вегетаційного періоду та висота рослин залежать переважно від біологічних особливостей гібридів і погодних умов, тоді як загущення посівів призводить до зменшення індивідуальної продуктивності. Узагальнено, що оптимальні густоти стояння для підвищення врожайності становлять 70–75 тис. рослин/га залежно від групи стиглості гібридів.

Гангур В. В., Маренич М. М., Єремко Л. С., Шостя А. М., Пузир Д. О., Кирлиця А. О. [8] досліджували вплив різних способів основного обробітку ґрунту на передзбиральну вологість зерна та врожайність гібридів кукурудзи різних груп стиглості. Узагальнено, що максимальна врожайність формується за глибокого обробітку ґрунту (25–27 см), а поверхневий обробіток призводить до істотного зниження продуктивності.

Мащенко Ю.В. і Соколовська І.М. [9] досліджували вплив сівозмінного чинника та систем удобрення на продуктивність кукурудзи в умовах Степу України. Авторами встановлено, що найвищу врожайність та якісні показники зерна забезпечувало беззмінне вирощування кукурудзи за органо-мінеральної системи удобрення. Узагальнено, що зернопросапна сівозмінна з соняшником не сприяє максимальній продуктивності, тоді як беззмінне вирощування на удобреному фоні є економічно доцільнішим варіантом.

Попри численні наукові дослідження, на практиці все ще виникають труднощі, пов'язані з нераціональним вибором гібридів кукурудзи, невідповідністю технологічних прийомів ґрунтово-кліматичним умовам, недосконалістю систем удобрення в умовах кліматичних змін і зниженням ефективності сівозмін. У результаті потенціал продуктивності багатьох гібридів використовується не повністю.

У цьому контексті наше дослідження має на меті узагальнити сучасні економіко-технологічні підходи до формування врожайності гібридної кукурудзи в зоні Лісостепу України. Особливу увагу приділено управлінським рішенням, які сприяють стабілізації виробництва та підвищенню ефективності аграрного сектору в умовах кліматичних та ресурсних викликів.

Постановка завдання. Метою статті є обґрунтування комплексу технологічних та економічних чинників, що визначають рівень врожайності гібридної кукурудзи в зоні Лісостепу України, на основі аналізу динаміки урожайності, виявлення основних обмежуючих факторів та розроблення практичних рекомендацій щодо оптимізації агротехнологій і управлінських рішень для підвищення продуктивності і прибутковості вирощування культури.

Дослідження базується на використанні аналітичного, статистичного, графічного та порівняльного методів. Опрацьовано офіційну статистику за 1990–2023 роки щодо урожайності кукурудзи в Україні, з акцентом на зону Лісостепу. Узагальнено дані польових експериментів, проведених в різних агроекологічних умовах, з урахуванням таких чинників, як тип гібридів, система удобрення, методи обробітку ґрунту, густина стояння, строки сівби, зволоження та рівень технологічного забезпечення.

Виклад основного матеріалу дослідження. Розвиток виробництва кукурудзи в Україні, зокрема в зоні Лісостепу, в останні десятиліття супроводжується суттєвими якісними змінами, що проявляються у зростанні врожайності культури та підвищенні ефективності агровиробництва. Систематичне впровадження сучасних технологій вирощування, розширення використання високопродуктивних гібридів, удосконалення агротехнічних прийомів і адаптація до змін клімату сприяли посиленню позицій кукурудзи як провідної зернової культури.

Для обґрунтування подальших шляхів оптимізації виробництва кукурудзи доцільним є аналіз динаміки врожайності за останні роки, що дозволяє виявити ключові тенденції, особливості регіонального розвитку та визначити основні чинники впливу на продуктивність культури. Саме з аналізу урожайності кукурудзи в Україні та зоні Лісостепу розпочинається подальший виклад результатів дослідження – рис. 1.

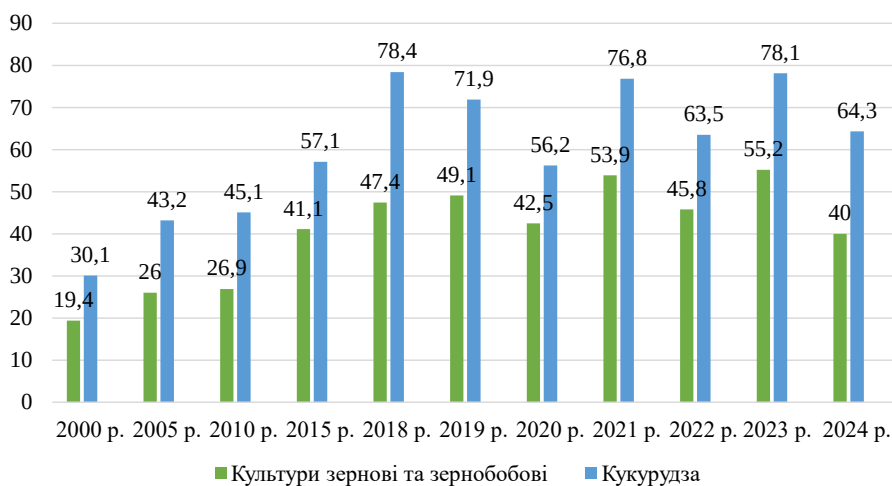


Рис. 1. Динаміка урожайності кукурудзи та зернових культур за 2000-2024 рр.*

*побудовано на підставі [10, 11, 12]

Аналіз динаміки урожайності кукурудзи в Україні за 2000–2024 роки свідчить про загальну тенденцію до зростання продуктивності культури, попри періодичні коливання, зумовлені кліматичними й економічними чинниками. Урожайність кукурудзи зросла з 30,1 ц/га у 2000 році до рекордних 78,1 ц/га у 2023 році, що більше ніж у 2,5 раза. Це стало можливим завдяки поступовому переходу на інтенсивні технології вирощування, широкому впровадженню високопродуктивних гібридів, удосконаленню систем живлення, захисту та агроменеджменту.

У 2024 році, згідно з попередніми статистичними оцінками, урожайність кукурудзи становила 64,3 ц/га, що нижче за два попередні роки. Зниження врожайності на 13,8 ц/га порівняно з 2023 роком пояснюється менш сприятливими погодними умовами в ключові фази вегетації, зокрема період цвітіння, а також скороченням обсягів агротехнологічного супроводу на тлі загального зростання витрат у воєнний період. Це ще раз засвідчує чутливість культури до кліматичних стресів і потребу в адаптивних підходах до управління виробничим процесом.

Попри спад 2024 року, загальна середньотривала динаміка свідчить про високу генетичну й технологічну стабільність культури. Урожайність кукурудзи продовжує суттєво перевищувати середній рівень урожайності зернових і зернобобових культур, який у 2024 році впав до 40 ц/га. Це підтверджує доцільність збереження й розвитку кукурудзівництва як стратегічного напрямку агровиробництва, з високим рівнем енергетичної віддачі та експортного потенціалу. Таким чином, за умов подальшої адаптації до змін клімату, впровадження цифрових технологій та підтримки ресурсного забезпечення господарств, кукурудза зберігатиме провідну позицію в структурі посівних площ і в системі продовольчої безпеки України.

Для глибшого розуміння регіональних особливостей варто проаналізувати динаміку урожайності кукурудзи в розрізі областей України за окремими репрезентативними роками – рис. 2.

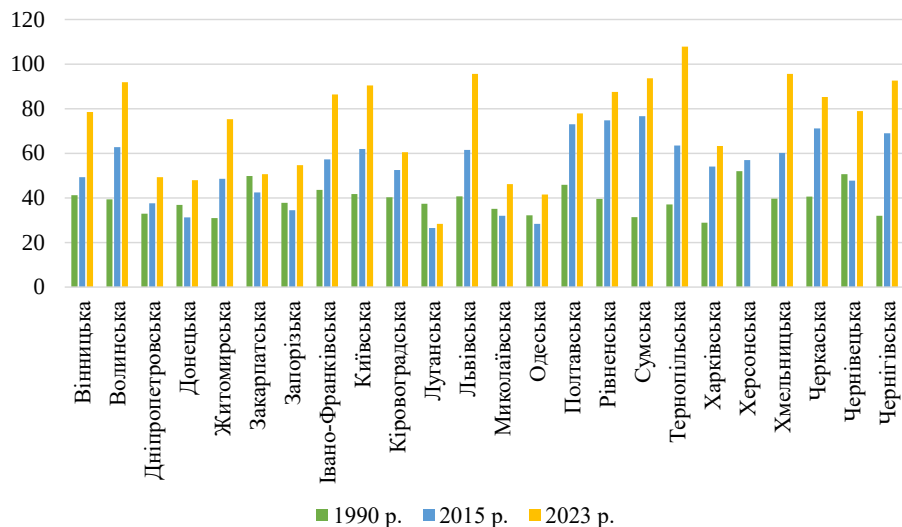


Рис. 2. Урожайність кукурудзи по регіонах України (1990 р., 2015 р., 2023р.)*

*побудовано на підставі [10, 11, 12]

Оцінка регіональної урожайності кукурудзи в зоні Лісостепу України за останні три десятиліття засвідчує суттєве зростання продуктивності культури завдяки технологічному прогресу та підвищенню рівня агрономічного управління. Так, середній рівень урожайності зріс із 38–40 ц/га у 1990 році до понад 90 ц/га у 2023-му. У регіональному розрізі найвищі темпи приросту показали Сумська (+202%) та Житомирська (+145%) області, що свідчить про ефективну адаптацію до нових агротехнологій та ширше впровадження інноваційних гібридів. Найвищу абсолютну врожайність у 2023 році зафіксовано в Хмельницькій (95,6 ц/га), Тернопільській та Львівській областях, де поєднання родючих ґрунтів, сприятливого зволоження та сучасного менеджменту дало виняткові результати.

Однак 2024 рік позначився зворотним трендом – зниженням валового збору та площі під кукурудзою до найнижчого рівня за останнє десятиліття. Це свідчить про зміну пріоритетів агровиробників в умовах економічної нестабільності, воєнного стану та кліматичних ризиків. Зокрема, пік вирощування припав на 2021 рік, коли площі сягнули 5,48 млн га, а валовий збір перевищив 42 млн тонн, що стало наслідком сприятливих умов після неврожайного 2020 року. У структурі посівів лідерами традиційно залишаються Полтавська та Чернігівська області — перша стабільно утримує перше місце за площами посівів, друга – друге, з епізодичним зміщенням на Кіровоградську або Вінницьку. Водночас за рівнем урожайності першість поступово зміщується до західних регіонів, зокрема Хмельницької, Тернопільської та Львівської областей, де поєднання технологічних і кліматичних чинників сприяє формуванню високих і стабільних урожаїв.

Врожайність гібридної кукурудзи є багатофакторним результатом взаємодії природних, технологічних та економічних умов вирощування. Навіть найкращий генетичний потенціал культури може бути реалізований лише за умови правильно підібраної та якісно реалізованої агротехнології, що враховує особливості ґрунтово-кліматичних умов і технологічного забезпечення господарства.

У сучасному виробництві кукурудзи особливе значення мають технологічні чинники, які безпосередньо формують агрофон поля та створюють передумови для розвитку культури: вибір гібриду, строки сівби, забезпечення вологою, живлення, боротьба зі шкідниками і хворобами. Водночас економічні чинники визначають можливості аграрного підприємства щодо впровадження інтенсивних технологій, управління витратами, адаптації до кліматичних ризиків і забезпечення фінансової стійкості виробництва.

Ігнорування будь-якої з цих груп чинників призводить до недоотримання врожаю, збільшення собівартості продукції та зниження рентабельності. Саме тому системний підхід до організації технологічного процесу вирощування та його економічного обґрунтування є визначальним для досягнення стабільної та високої урожайності гібридної кукурудзи в зоні Лісостепу України – табл. 1.

Зведені у таблиці чинники є структурною основою концепції формування врожайності гібридної кукурудзи в зоні Лісостепу України. Технологічні аспекти охоплюють весь управлінський цикл агровиробництва – від селекційно обґрунтованого вибору гібрида до таймінгу польових робіт і адаптації до ґрунтових умов. Саме ці рішення визначають ефективність реалізації генетичного потенціалу культури в конкретних агроекологічних умовах. Зокрема, своєчасна сівба в оптимальні терміни, адаптована густота стояння, раціональне зрошення чи утримання вологи, збалансоване живлення та інтегрований захист – усе це формує передумови для досягнення стабільної продуктивності.

Таблиця 1

**Основні технологічні та економічні чинники формування
врожайності кукурудзи***

Категорія чинників	Ключові аспекти	Вплив на врожайність
Технологічні чинники		
Вибір гібриду	Адаптивність до регіону, стійкість до хвороб, потенціал FAO	Формує генетичний максимум продуктивності
Строки сівби	Оптимальна температура та вологість ґрунту при сівбі	Забезпечує дружні сходи і старт росту
Густота стояння рослин	Адаптація норми висіву до гібриду і умов вологості	Оптимізує формування качанів і зерна
Забезпечення вологою	Використання зрошення або збереження вологи	Зменшує ризик втрат
Добрива та живлення	Збалансоване внесення елементів живлення	Стимулює ріст і закладку репродуктивних органів
Захист від шкідників і хвороб	Інтегрований захист рослин	Зберігає біологічний потенціал рослини
Своєчасність польових робіт	Чіткий таймінг посіву і збирання	Мінімізує втрати та забезпечує якість врожаю
Ґрунтові умови	Уникнення ущільнення, правильний обробіток	Покращує розвиток кореневої системи
	Здатність формувати стабільний урожай за умов дефіциту вологи	Мінімізація втрат у критичні фази розвитку
Адаптація до типу обробітку ґрунту	Вибір гібридів залежно від глибини обробітку, щільності ґрунту	Поліпшення розвитку кореневої системи, стартових умов
Вибір гібридів під зональні умови	Підбір гібридів для зон достатнього чи нестійкого вологозабезпечення	Оптимізація реалізації потенціалу продуктивності
Вибір попередника	Оцінка фітосанітарного стану, вологи, елементів живлення	Покращення стартових можливостей культури
Стійкість до погодних стресів	Реакція на град, затоплення, холодні весни	Підвищення стабільності урожаю у змінних умовах
Економічні чинники		
Рівень витрат	Оптимізація технологічних витрат	Впливає на собівартість продукції
Інвестиції в технології	Зрошення, фертигація, агромоніторинг	Підвищують стабільність урожайності
Управління ризиками	Вибір гібридів і технологій під кліматичні умови	Мінімізує вплив несприятливих погодних факторів
Прибутковість виробництва	Оцінка рентабельності технологічних рішень	Формує фінансову стійкість агробізнесу
Страховання ризиків	Адаптація гібридів до несприятливих умов (посуха, холод)	Зменшення потенційних фінансових втрат
Вибір типу технології вирощування	Співвіднесення вимог гібридів до рівня ресурсного забезпечення	Раціональне використання ресурсів, економічна ефективність

*побудовано на підставі [13-20]

Не менш значущими є економічні чинники, які визначають доцільність і масштабність застосування технологічних рішень. Управління витратами, оцінка рентабельності, інвестиції в інноваційні технології (зрошення, фертигація, моніторингів системи), а також впровадження адаптивних підходів до ризик-менеджменту дозволяють трансформувати агротехнічну ефективність у фінансово стійкий результат. В умовах нестабільного ринку і зміни клімату саме поєднання високотехнологічного підходу та економічної обґрунтованості забезпечує максимальну віддачу з одиниці площі та підвищує стійкість агровиробництва.

Таким чином, конструктивне поєднання технологічної точності й економічної раціональності є ключовою передумовою формування високої врожайності гібридної кукурудзи в зоні Лісостепу. Запропонована структура чинників може слугувати методологічною основою для оптимізації агропрактик у різних категоріях господарств.

Отже, формування врожайності кукурудзи в Лісостепу України є комплексним процесом, де технологічні чинники (вибір гібридів, управління вологою, оптимізація агроприймів) тісно переплетені з економічними аспектами (рентабельність технологій, управління ризиками і витратами). Системний підхід до організації виробництва та впровадження адаптивного управління дозволяють суттєво підвищити урожайність і стабілізувати прибутковість вирощування кукурудзи в сучасних умовах.

Виходячи з проведеного аналізу, пропонуються практичні рекомендації, які можуть бути застосовані виробниками у зоні Лісостепу для досягнення максимальної продуктивності кукурудзи:

1. Підбір гібридів та оптимальні технологічні параметри:

- обирати гібриди, адаптовані до умов Лісостепу, зі стійкістю до посухи, високим потенціалом урожайності та толерантністю до основних хвороб;
- орієнтуватися на групи стиглості FAO 240–350, які забезпечують баланс між урожайністю та оптимальною вологістю зерна при збиранні;
- оптимізувати строки сівби, орієнтуючись на температуру ґрунту не нижче 12,5 °C для дружних і рівномірних сходів;
- забезпечувати густоту стояння рослин у межах 60–75 тис. рослин/га, адаптуючи її до особливостей конкретного гібриду та рівня вологості;
- використовувати технології збереження вологи – щільовання, покривні культури, strip-till.
- забезпечити комплексне живлення рослин, з урахуванням фаз розвитку: фертигація, мікродобрива у критичні фази.

2. Управлінські рішення для різних рівнів ресурсного забезпечення:

- для господарств високого рівня забезпечення: Впроваджувати системи крапельного або підземного зрошення (SDI); використовувати агромоніторинг, датчики вологості ґрунту та точне землеробство; застосовувати системне планування витрат і інвестицій у високотехнологічні рішення;
- для господарств середнього рівня забезпечення: зосередити ресурси на виборі стабільних гібридів; використовувати фертигацію на окремих площах, застосовувати мінімальний обробіток; здійснювати оперативний моніторинг стану посівів і впроваджувати гнучке управління поливом;
- для господарств з обмеженими ресурсами: максимізувати ефективність базових операцій: раціональне використання насіння, обґрунтоване застосування гербіцидів і добрив; обирати стійкі гібриди з невисокими вимогами до агрофону; використовувати класичні прийоми збереження вологи: своєчасна сівба, мінімальний обробіток ґрунту.

Висновки та пропозиції. Проведене дослідження дозволило встановити, що формування врожайності гібридної кукурудзи в умовах Лісостепу України є результатом взаємодії комплексу технологічних та економічних чинників. Протягом останніх трьох десятиліть урожайність цієї культури в регіоні зросла більш ніж у 2,3 рази, що стало можливим завдяки впровадженню сучасних гібридів, адаптованих до місцевих агрокліматичних умов, оптимізації технологічних прийомів, розвитку систем живлення та захисту рослин, підвищенню рівня механізації та цифровізації агровиробництва.

Серед технологічних чинників особливе значення мають правильний вибір гібриду, оптимальні строки сівби, раціональна густота стояння рослин, ефективне управління вологою, збалансоване живлення та інтегрований захист. Ці аспекти забезпечують не лише стабільне зростання продуктивності, а й підвищення ефективності використання ресурсів. Водночас економічна складова процесу, зокрема рівень технологічних витрат, інвестиції у сучасні системи зрошення, агромоніторингу, а також управління ризиками та рентабельність агротехнологічних рішень, формують фінансову стійкість аграрного виробництва.

Регіональний аналіз підтвердив лідерство окремих областей (Хмельницької, Тернопільської, Черкаської, Полтавської) за показниками урожайності, що зумовлено високим рівнем реалізації сучасних технологій вирощування. Попри кліматичні виклики, а також соціально-економічні обмеження, галузь кукурудзівництва продемонструвала адаптивність і здатність зберігати високі врожаї.

З урахуванням результатів дослідження, пропонується впроваджувати диференційований підхід до вибору гібридів і агротехнологій відповідно до зонального забезпечення вологою, типу ґрунту та виробничих умов господарств. Доцільним є поширення практики цифрового моніторингу (застосування дронів, метеостанцій, NDVI-картування) для прийняття оперативних рішень щодо строків сівби, внесення добрив і ЗЗР. Адаптивне управління з орієнтацією на рентабельність та зменшення ресурсних втрат має стати основою для підвищення ефективності виробництва в умовах нестабільного ринку та кліматичних коливань.

Подальші дослідження доцільно зосередити на удосконаленні економіко-математичних моделей оптимізації агропроцесів, пошуку рішень для малих та середніх господарств щодо впровадження інноваційних технологій, а також на оцінці екологічних наслідків інтенсифікації виробництва з позицій сталого розвитку аграрного сектору.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Voloshchuk, O., Zaviryukha, P., Andrushko, O., Kovalchuk, O., & Kovalchuk, Yu. (2022). Productivity of corn hybrids in the conditions of the western forest-steppe of Ukraine. *Scientific Horizons*. 2022. T. 25, № 8. С. 9–16. DOI: [https://doi.org/10.48077/scihor.25\(8\).2022.9-16](https://doi.org/10.48077/scihor.25(8).2022.9-16).
2. Romashchenko M., Bohaienko V., Shatkovskiy A., Saidak R., Matiash T., Kovalchuk V. Optimisation of crop rotations: A case study for corn growing practices in forest-steppe of Ukraine. *Journal of Water and Land Development*. 2023. № 56 (I–III). С. 194–202. DOI: <https://doi.org/10.24425/jwld.2023.143760>.
3. Baklanova T.V., Mielieshko A.V. Analysis of the Assortment of Maize Hybrids and Prospects for Their Use in Ukraine. *Таврійський науковий вісник*. 2024. № 137. С. 11–17. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.137.2>.
4. Voitsekhivskiy V., Rak O., Denysiuk V., Shysh A., Smetanska I., Muliarchuk O., Tahantsova M. Productivity and economic efficiency of cultivation corn for grain under the conditions of a group of companies «Lnz Group». *Modern Engineering and Innovative Technologies*. 2022. T. 2(23-02). С. 57–60. DOI: <https://doi.org/10.30890/2567-5273.2022-23-02-036>.

5. Marchenko T., Vozhegova R., Lavrynenko Y., Zabara P biometric indicators of lines – parents of maize hybrids of different FAO groups depending on biological treatment on irrigation. *Breeding and seed production*. 2021. Issue 119. 135-146. URL: <https://journals.urau.ua/pbsd/article/view/237140/235747> (дата звернення 01.06.2025).
6. Dario Jareš, Sanja Balaš Krnjić, Marina Vranić, Zlatko Svečnjak. Effects of plant density on leaf area index, anthesis to silking interval, yield and yield components of maize inbreds and their sister-lines. *Journal of Central European Agriculture*. 2019. T. 20, № 1. С. 179–193. DOI: <https://doi.org/10.5513/JCEA01/20.1.2194>.
7. Жемела Г. П., Бараболя О. В., Ляшенко В. В., Ляшенко Є. С., Подоляк В. А. Формування продуктивності зерна гібридами кукурудзи залежно від норми висіву. *Scientific Progress & Innovations*. 2021. № 1. С. 97–105. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.01.11>.
8. Гангур В. В., Маренич М. М., Єремко Л. С., Шостя А. М., Пузир Д. О., Кирлиця А. О. Вплив способів основного обробітку ґрунту на урожайність гібридів кукурудзи в умовах Лівобережного Лісостепу. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. Т. 26, № 4. С. 19–23. DOI: <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.04.04>.
9. Мащенко Ю. В., Соколовська І. М. Продуктивність кукурудзи залежно від її частки в сівозміні та удобрення. *Аграрні інновації*. 2023. № 21. С. 57–63. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.21.8>.
10. Статистичний щорічник України за 2023 рік / за ред. І. Є. Вернера. Київ: Державна служба статистики України, 2024. 268 с. URL: https://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2023/zb/11/year_23_u.pdf. (дата звернення 01.06.2025).
11. Кукурудзяна статистика: площі, валовий збір та урожайність зернової за 2017-2024 рр. URL: <https://superagronom.com/articles/764-kukurudzyana-statistika-ploschi-valoviy-zbir-ta-urojaynist-zernovoyi-za-2017-2024-rr> (дата звернення 01.06.2025).
12. Жнива-2024: в Україні намолочено 19,2 млн тонн зернових. URL: <https://superagronom.com/news/19303-jniva-2024-v-ukrayini-namolocheno-192-mln-tonn-zbijjya> (дата звернення 01.06.2025).
13. Орлов О. Топ чинників збільшення врожайності кукурудзи. Агроном. URL: <https://www.agronom.com.ua/top-chynnykiv-zbilshennya-vrozhajnosti-kukurudzy/> (дата звернення 01.06.2025).
14. Мокрієнко В. А. Добір гібридів кукурудзи для різного матеріально-ресурсного забезпечення. *Агробізнес сьогодні*. 16 грудня 2019. URL: <https://agro-business.com.ua/2017-09-29-05-56-43/item/15914-dobir-hibrydiv-kukurudzy-dlia-riznoho-materialnoresursnoho-zabezpechennia.html> (дата звернення 01.06.2025).
15. Джура Ю., Марченко О. Посухостійкість та регіональне позиціонування гібридів кукурудзи. URL: <https://www.dekalb.ua/agronomichna-biblioteka/kukurudza-vyroschchuvannia/posuhostijkist-gibridiv-kukurudzi> (дата звернення 01.06.2025).
16. Марченко Т.Ю., Пілярска О.О., Міщенко С.В., Базиленко Є.О., Марченко В.Д., Лавриненко Ю.О. Економічна оцінка вирощування гібридів кукурудзи різних груп ФАО в умовах північного степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2024. № 138. С. 115-124. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.138.14>.
17. Каленська С. М., Таран В. Г., Данилів П. О. Особливості формування урожайності гібридів кукурудзи залежно від удобрення, густоти стояння рослин та погодних умов. *Таврійський науковий вісник*. 2018. №101. С. 42–49.
18. Рудавська Н. М., Глива В. В. Формування продуктивності гібридів кукурудзи в умовах Лісостепу Західного. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2018. Вип. 64. DOI: [https://doi.org/10.32636/01308521.2018-\(64\)-10](https://doi.org/10.32636/01308521.2018-(64)-10)
19. Камінський В. Ф., Асанішвілі Н. М. Економічна ефективність технологій вирощування кукурудзи різного рівня інтенсивності. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2020. Вип. 3. С. 25-34. DOI: [https://doi.org/10.31521/2313-092X/2020-3\(107\)-4](https://doi.org/10.31521/2313-092X/2020-3(107)-4)
20. Доля С. М. Ефективність вирощування кукурудзи на зерно залежно від способів основного обробітку ґрунту. *Зернові культури*. 2024. Том 8. № 1. С. 187–194. DOI: <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0328>

УДК 635.631.5:633.854.2

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.144.33>

ВПЛИВ ЩЕПЛЕННЯ НА МОРФОМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ, ПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ОРГАНОЛЕПТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПЛОДІВ ДИНИ ЗВИЧАЙНОЇ (*Cucumis melo* L.) ВИРОЩЕНОЇ У АГРОЕКОЛОГІЧНИХ УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Яценко Н.В. – д.с.-г.н., доцент,

Завідувач кафедри овочівництва

Уманський національний університет

orcid.org/0000-0003-3752-314X

Бурковецький О.О. – аспірант кафедри овочівництва,

Уманський національний університет

orcid.org/0009-0009-2886-1199

У статті наведено результати дослідження щеплення дині, як фактору впливу на морфологічні показники, масу та якість плодів дині звичайної вирощеної в ґрунтово-кліматичних умовах Лісостепу України. Щеплення – це поєднання двох частин рослини в одну рослину шляхом їх комбінування за допомогою певних методів. Використання щеплених саджанців поширюється день у день і залежить від встановлення відповідних методів та розвитку міцних підщеп шляхом селекції. Переваги щеплення рослин полягають у економії та спрощенні сільського господарства, включаючи збільшення сили росту гібридів, запобігання ґрунтовим хворобам та шкідникам, коли є генетичний дефіцит для боротьби з хворобами. Дослідження проводили впродовж 2024–2025 рр. в умовах НВВ Уманського НУ (м. Умань, 48°46'N, 30°14'E). Під час досліджень вивчали вплив підщеп Кобальт F₁, Титан F₁, Шинтоза та Рут Пауер F₁ на прищепу сорту Тітовка. Дослідження проводили згідно із загальноприйнятими методиками. Щеплення виконували за методиками, описаними іноземними авторами. Використовували 3 способи щеплення: щеплення вприклад (з язиком), щеплення з отвором (в укол), щеплення на зрощення. Під час досліджень вивчали вплив підщепи та способу щеплення на схожість насіння, приживлювальну здатність щепленої розсади, довжину стебла, масу плодів та дегустатійну оцінку плодів дині. Результати наших досліджень вказують, що найвищу схожість насіння має підщепа Рут Пауер F₁. Досліджено, що найкращу приживлювальну здатність (95%) розсади отримано в результаті щеплення дині на підщепу Рут Пауер F₁ за використання способу щеплення вприклад. Найбільшу довжину стебла формували підщепи Рут Пауер F₁ та Кобальт F₁. Маса плодів у більшості щеплених рослин перевищувала масу нещепленої дині, проте дегустатійна оцінка щеплених плодів була нижчою. Результати наших досліджень підтверджують результати попередніх дослідників, та вказують на те, що щеплення є перспективним напрямом вирощування дині звичайної, але в подальших дослідженнях рекомендовано особливу увагу приділяти якості, дегустатійній оцінці та вмісту цукрів у плодах щепленої дині.

Ключові слова: Підщепа, диня звичайна, продуктивність, дегустатійна оцінка.

Yatsenko N.V., Burkovetskyi O.O. Influence of grafting on morphometric indicators, productivity and organoleptic properties of fruits of common melon (*Cucumis melo* L.) grown in agroecological conditions of the right-bank forest-step of Ukraine

The article presents the results of a study of melon grafting as a factor influencing the morphological indicators, mass and quality of common melon fruits grown in the soil and climatic conditions of the Forest-Steppe of Ukraine. Grafting is the joining of two parts of a plant into one plant by combining them using certain methods. The use of grafted seedlings is expanding day by day and depends on the establishment of appropriate methods and the development of strong rootstocks through selection. The advantages of grafting plants are economy and simplification of agriculture, including increasing the growth vigor of hybrids, prevention of soil diseases and pests when there is a genetic deficiency to control diseases. The research was conducted during 2024–2025 in the conditions of the Uman National University (Uman, 48°46'N, 30°14'E). During the research, the influence of the rootstocks Kobalt F₁, Titan

F1, Shintoza and Root Power F1 on the Titovka variety rootstock was studied. The research was conducted according to generally accepted methods. Grafting was performed according to the methods described by foreign authors. Three methods of grafting were used: tongue approach grafting, hole insertion grafting, splice grafting. During the research, the influence of the rootstock and the grafting method on seed germination, the germination capacity of the grafted seedlings, the length of the stem, the weight of the fruits and the tasting assessment of the melon fruits were studied. The results of our research indicate that the highest seed germination is the rootstock Root Power F1. It was investigated that the best germination capacity (95%) of the seedlings was obtained as a result of grafting melon onto the rootstock Root Power F1, using the grafting method as an example. The greatest stem length was formed by the rootstocks Ruth Power F1 and Cobalt F1. The mass of fruits in most grafted plants exceeded the mass of ungrafted melon, but the tasting assessment of grafted fruits was lower. The results of our research confirm the results of previous researchers and indicate that grafting is a promising direction in growing common melon, but in further studies it is recommended to pay special attention to the quality, tasting assessment and sugar content of grafted melon fruits.

Key words: Rootstock, common melon, productivity, tasting evaluation.

Постановка проблеми. Диня (*Cucumis melo* L.) входить до 10 найкращих фруктів у світі. Плоди динь, містять багато цукру (6 – 13 % і більше), вітаміни B1, B3, C, PP та ін. Виробництво часто страждає через хвороби, що передаються ґрунтом. Ефективним способом вирішення цієї проблеми є щеплення.

Метод щеплення при вирощуванні овочевих культур використовують для отримання ранньостиглого сортименту, високопродуктивних рослин стійких проти хвороб і шкідників, особливо фузаріозного в'янення. Живцювання також використовують як засіб підвищення стійкості рослин до водного дефіциту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогоднішній день щеплені саджанці овочевих культур інтенсивно використовують у таких країнах як Північна Корея, Японія та Індія [1]. Щеплення дині позитивно впливає на структуру плодів, та подовжує термін їх зберігання [2]. Коренева система підщепи покращує процес транспортування поживних речовин по стеблу рослини, що позитивно впливає на біометричні показники дині такі як довжина стебла та площа асимілятивної поверхні [3].

Щеплення – це поєднання двох частин рослини в одну рослину шляхом їх комбінування за допомогою певних методів. Використання щеплених саджанців поширюється день у день і залежить від встановлення відповідних методів та розвитку міцних підщеп шляхом селекції [4]. Переваги щеплення рослин полягають у економії та спрощенні сільського господарства, включаючи збільшення сили росту гібридів, запобігання ґрунтовим хворобам та шкідникам, коли є генетичний дефіцит для боротьби з хворобами [5], підвищення ефективності, підвищення врожайності та якості, посилення захисту навколишнього середовища при використанні різних хімікатів, таких як пестициди, розширення виробничої площі (посушливі та засолені райони, спекотно-холодні райони тощо), розширення виробничих сезонів, включаючи спеку, холод тощо [6, 7].

У баштанних як підщепу широко використовують міжвидові гібриди гарбуза (*Cucurbita maxima* × *Cucurbita moschata*). Деякі підщепи, які були вивчені, але ще не використовувалися комерційно, такі як *Cucumis metuliferus*, *Luffa cylindrica*, *Benincasa hispida* та *Lagenaria siceraria* [8]. Головною метою щеплення динь є забезпечення стійкості до ґрунтових хвороб (*Monosporascus cannonballus*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* (Fom) та *Stagonosporopsis* spp. та ін.), а також до галових нематод (*Meloidogyne incognita* та *M. Javanica*) [9] для збільшення врожайності, якості, аромату та вмісту каротиноїдів, стійкості до засолення та посухи, споживання поживних речовин та стійкості до дефіциту поживних речовин [10].

Згідно з різними дослідженнями, також було встановлено, що комбінації підщепи та пагона впливають на рН, цвітіння, цукри, колір, вміст каротиноїдів та поверхню плоду [11]. Дині, як і інші гарбузові рослини, потребують відносно вищих температур, ніж інші види, розсада, щеплена на гарбузові. Підщепи використовувалися для вирощування за низьких температур ґрунту та ранньостиглих сортів [12]. Крім того, кількість щеплених саджанців збільшилася у динь, і була обмежена, особливо у динь канталупи, через низьку сумісність підщепи та пагона [13].

Врожайність та якість плодів знижуються, оскільки підщепа та паросток не можуть бути поєднані в системі щеплення. Тому вибір комбінації слід проводити найкращим чином [14]. При виборі відповідних підщеп потрібно враховувати біотичні та абіотичні стресові умови рослин [15], наприклад, стійкість/толерантність до ґрунтових патогенів, таких як *Fusarium oxysporum f. sp. melonis* [16], толерантність до засоленості [17], толерантність до низьких та високих температур ґрунту [18]. Вчені зазначають, що РНК, білок та малі молекули можуть транспортуватися від кореневої підщепи до паростка та безпосередньо впливати на фізіологію паростка [19].

Наразі для динь найпоширенішим методом щеплення є гібрид F_1 , який забезпечує здорові домінуючі гени в одному генотипі. Гібриди F_1 є технічно переважними з точки зору високої врожайності, скоростиглості, якості, однорідності, тривалості вегетаційного періоду, стійкості до хвороб та шкідників, коротшого часу для отримання нових сортів та високої адаптивності [20]. Гібридне насіння F_1 отримується шляхом ручного запилення жіночої рослини чоловічою. Це трудомісткий та дорогий метод виробництва насіння. У виробництві гібридного насіння бажана висока якість та кількість, проте в деяких випадках отримується невелика кількість насіння та порожнього насіння, що призводить до втрат часу та фінансів [21,22].

Серед багатьох підщеп дослідники вказують, що найбільш перспективними та високопродуктивними є підщепи Шинтоза та Рут Пауер [23,24].

Мета статті. Дослідити вплив різних способів щеплення на формування стебла та плодів дині звичайної, та оцінити вплив щеплення на смакові якості плодів.

Методика дослідження. Дослідження проводили у 2023–2024 рр. на дослідній ділянці кафедри овочівництва та у теплиці овочевого відділу Уманського національного університету. Порівнювали ріст і продуктивність нещепленої та щепленої дині сорту Тітовка та 4 промислових підщепи Кобальт F_1 , Титан F_1 , Шинтоза та Рут Пауер F_1 . В дослідженні використовували три види щеплення: вприклад, з отвором та на зрощення.

Ґрунт дослідного поля – чорнозем опідзолений важкосуглинковий з гумусовим горизонтом товщиною 40–45 см та вмістом гумусу 1,5 %; рН (сольове) – 6,65; гідролітична кислотність – 2,6 мг.екв/100 г, насиченість ґрунту основами 90–95%, показник суми ввібраних основ – 24,6 мг.екв/100 г.

Дослідження виконували за умов, що забезпечують задовільний ріст і розвиток рослин. Розмір облікової ділянки 40 м², щоб виловлення рослин або їхніх частин для вимірювань і підрахунків не шкодило б обстеженням, під час циклу вирощування культури. Загальний метод, аналіз біометричних показників та облік урожайності проводили згідно з методами досліджень в овочівництві описаними Г.Л. Бондаренком та К.І. Яковенком [25]. Техніки щеплення виконували згідно методики описаної Guan, Zhao [26].

Щеплення в приклад (з язиком). Щеплення на язичок є популярним методом щеплення, який є популярним в Іспанії. Насіння підщепи та прищепи висівали

в одну комірку лотка для розсади, розташовуючи гіпокотилі підщепи та прищепи близько один до одного. Після того, як вони проросли гіпокотилі підщепи зрізали наполовину під кутом 45° вниз. На тій же висоті гіпокотилі прищепи зрізали наполовину під кутом 45° вгору. Потім прищепу і підщепу з'єднували між собою, зрізані поверхні з'єднували, гіпокотилі фіксували прищепним затискачем. Через 10 днів після щеплення верхівку підщепи і коріння прищепи зрізали лезом бритви. Для щеплення язичком необхідно, щоб підщепа та прищепа мали однакові діаметри гіпокотилію, тому посів підщепи проводили після появи сходів прищепи, оскільки підщепа має більшу силу росту.

Щеплення з отвором(в укол). Спочатку видаляли справжні листки та тканину меристеми на кінчику підщепи, що росте. Далі робили розріз впоперек точки росту від нижньої частини однієї сім'ядолі до іншої сторони гіпокотилі. Як інструмент для вставляння використовували загострену дерев'яну паличку. Залишали паличку вставлену в точку росту, обрізаючи гіпокотилі прищепи з обох сторін у V-подібну форму. Потім прищепу вставляли у щілину, а паличку видаляли. При цьому методі щепленні кліпси не застосовували.

Щеплення на зрощення. Спочатку верхівку підщепи зрізали під кутом 45° . Зріз видаляє справжні листки, тканину меристем і одну із сім'ядолей. Далі прищепу зрізають під таким же кутом, як і підщепу. Потім прищепу прикріплюють до підщепи за допомогою затиску для щеплення. Цей метод найбільше підходить для підщеп дині, оскільки він найкраще працює коли підщепа та прищепа мають однакові діаметри гіпокотилію. Підщепи гібридних кабачків також щеплюють цим способом, оскільки він простий у виконанні. Оскільки підщепи для дині зазвичай мають більш товстіший діаметр гіпокотилію ніж прищепа дині, насіння прищепи висаджують дещо раніше ніж підщепу. Рослини щеплені на більш ранній (молодший) стадії розвитку мають вищу живучість за рахунок меншої витрати вологи. Тому важливо знайти компроміс, щоб діаметр прищепи не сильно відрізнявся від діаметру підщепи.

Дегустаційну оцінку плодів проводили за методикою описаною Т.Л. Сердюк. Облік біометричних показників проводили згідно з методикою описаною Яковенко, Бондаренко [25].

Вимірювання фізико-хімічних ознак [26].

Збирали дозрілі плоди сортів та гібридів. Після видалення шкірки м'якоть відокремлювали та гомогенізували. М'якоть плоду нарізали скибочками, сік з плодів брали шляхом розтирання та пресування. Впродовж 10 хв зразки центрифугували при 8000 об/хв, прозорий супернатант відбирали для фізико-хімічного аналізу.

Вимірювання загального вмісту фенолу (TPC). Загальний вміст фенолів визначали за допомогою реактиву Фоліна-Чіокальтеу. Проводили три повторності для кожного сорту. Результат виражали як еквівалент мкг галлової кислоти (GAE) на грам ваги мякюшу за формулою:

$$TPC(\mu \text{ GAE } g^{-1} \text{ FW}) = \frac{\text{Volume of juice (mL)}}{\text{Fresh weight of flesh (g)}} \times$$

Concentration from standard curve of gallic acid ($\mu\text{g/mL}$)

Оцінка антиоксидантної активності (AC) методом DPPH.

Антиоксидантну здатність соку мякоті оцінювали за допомогою методу поглинання радикалів 1 – дифеніл – 2-пікрілгідразилу (DPPH). Для створення

середнього значення кожного генотипу використовували три повторності.

Антиоксидантний потенціал різних соків був кількісно визначений як еквівалент трилокса на грам ваги мякучу за допомогою рівняння

$$\frac{\text{Об'єм соку (мл)}}{\text{Свіжа маса м'якоті(г)}} = \text{Концентрація стандартної кривої Trolox (\mu\text{g/mL})}$$

Кожне число є середнім значенням за трьома повторностями.

Вимірювання вмісту розчинного цукру. Для визначення середнього значення вмісту цукру використовували три повторності для кожного генотипу. Концентрацію розчинного цукру вказували як $\mu\text{g g}^{-1}$ 2 маси свіжого мякучу за формулою:

$$\text{SSC } (\mu\text{g g}^{-1} \text{ FW}) = (\text{Volume of juice (mL)}) / (\text{Fresh weight of flexh (g)}) \times \text{Concentration from standard curve of glucose } (\mu\text{g/mL})$$

Визначення вмісту аскорбінової кислоти (ASC) свіжого м'якоті вимірювали за допомогою методів описаних раніше [27]. Для розрахунку середнього значення кожного генотипу було використано три повторності.

Вимірювання загального вмісту розчинних твердих речовин (TSS)

TSS у соку визначали за допомогою портативного рефрактометра. TSS було виражено в одиницях Брікса. Для розрахунку середнього значення показника було використано три повторності [28].

Оцінка титрованої кислотності (TTA)

Титровану кислотність генотипів дині оцінювали за допомогою методу описаного Ranganna [29]. Потім оцінювали титровану кислотність та виражали у відсотках [30].

Основні результати дослідження

Під час проведення досліджень проведено комплекс обліків та спостережень за щепленими рослинами дині за різних варіантів досліду. Серед досліджуваних підщеп для дині найвищою схожістю насіння відзначилась підщепа Рут Пауер F_1 , в якій схожість насіння становила 95% (Рис.1.). У підщепи Титан цей показник становив 90 %. Дещо нижчою схожістю насіння відзначилась підщепа Шинтоза, в якій схожість насіння становила 70%. Найнижчу схожість мало насіння підщепи Кобальт F_1 , та в середньому становило 60%.

Аналізуючи відсоток приживання прищепи з підщепою, можна зробити висновок, що найкращу приживлюваність мала підщепа Рут Пауер F_1 у всіх способах щеплення. Найнижчий відсоток приживання мала підщепа Шинтоза серед усіх способів щеплення.

Найкращий спосіб щеплення, що характеризувався високим відсотком приживання є щеплення вприклад, та в підщепи Кобальт становив 70%, в підщепи Титан F_1 – 80%, в підщепи Шинтоза – 75%, в підщепи Рут Пауер F_1 – 95 %.

Враховуючи показники схожості та приживання в загальному, можна зробити висновок, що найбільш доцільно вирощувати диню на підщепі Рут Пауер F_1 способом щеплення – вприклад.

За біометричним параметром, таким як довжина стебла варіанти досліду різнилися між собою у різні роки досліджень, та у 2024 році довжина стебла переважала показники 2023 року по всіх варіантах досліду, що обумовлено кліматичними умовами вирощування (Табл. 1). У фенологічних фазах ВВСН 20-49 найбільша довжина стебла була у підщепи Рут Пауер F_1 за способу щеплення вприклад, та перевищувала контрольний варіант нещепленої Тітовки на 21 см. На всіх підщепках у цю фазу розвитку щеплення способом вприклад перевищувало інші способи щеплення.

У фенофазу ВВСН 50-59 найменша довжина стебла була у підщепи Титан F_1 у 2023 році за способу щеплення на зрощення (59 см) та була нижчою за контрольний варіант на 40 см.

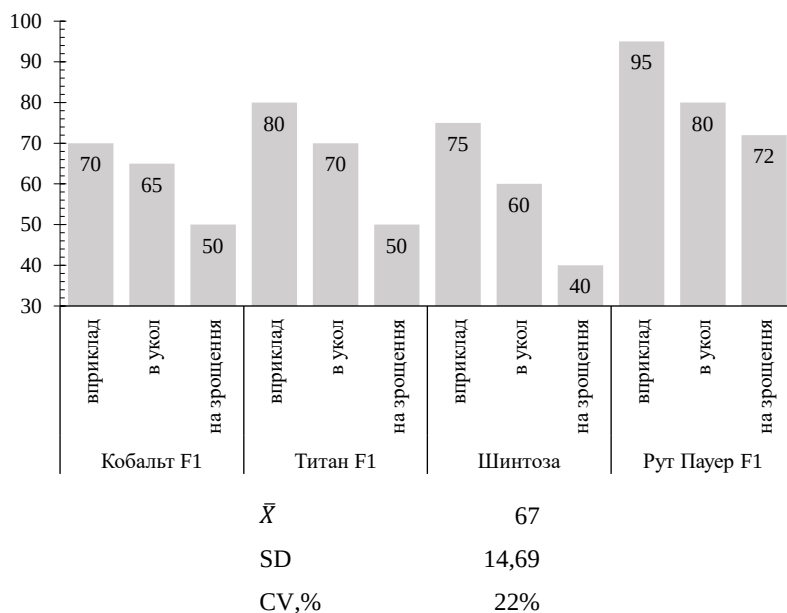


Рис. 1. Приживлювальна здатність дині за різних способів щеплення (в середньому за 2023-2024 рр)

Таблиця 1

Довжина стебла дині звичайної, щепленої на різних підщепах за період вегетації, залежно від фази розвитку, см

Підщепа	Спосіб щеплення	ВВСН 20-49		ВВСН 50-59		ВВСН 60-69		ВВСН 70-79		ВВСН 80-89	
		2023	2024	2023	2024	2023	2024	2023	2024	2023	2024
		2023	2024	2023	2024	2023	2024	2023	2024	2023	2024
Тітовка (К)	нещеплена	53	57	99	102	130	133	142	148	154	156
1.Кобальт F ₁	вприклад	54	60	95	107	103	107	147	158	160	162
	в укол	52	55	93	105	100	104	145	154	155	158
	на зрощення	50	52	90	103	97	102	142	140	148	152
2.Титан F1	вприклад	59	62	65	67	95	98	115	124	148	154
	в укол	55	58	61	64	92	94	108	120	136	147
	на зрощення	50	55	59	62	88	90	97	114	128	135
3.Шинтоза	вприклад	59	68	85	93	93	97	105	111	130	146
	в укол	57	63	79	85	84	92	100	105	127	143
	на зрощення	52	60	68	78	80	85	98	100	122	138
4. Рут Пауер F1	вприклад	74	78	115	125	135	140	152	160	165	178
	в укол	70	70	108	117	124	137	144	157	160	167
	на зрощення	63	67	102	109	111	118	125	149	157	160

У фенофазу 80-89 у 2024 році найбільшу довжину стебла мала підщепа Рут Пауер F₁ способом щеплення вприклад, та перевищувала контрольний варіант на 22 см. Підщепа Кобальт F₁ за щеплення вприклад та щеплення в укол перевищувала

контрольний варіант на 8 та 2 см відповідно. Підщеп Шинтоза показала нижчі біометричні показники, за яких стебло було коротше контрольного варіанту на 10, 13 та 18 см у різних варіантів досліді.

Дослідивши масу плодів дині в дослідних варіантах (Табл. 2.), встановлено, що найбільша маса плоду була у підщепі Рут Пауер F_1 , вирощеної способом щеплення вприклад. Серед усіх досліджуваних підщеп підщеп Рут Пауер F_1 відзначилася найбільшою масою плодів за всіма способами щеплення, що забезпечує сила росту підщепи, маса плодів при цьому перевищувала контрольний варіант на 2,6 ; 2,3 та 1,5 кг. Менша маса плодів ніж у контрольного варіанту була у підщеп Титан F_1 та Шинтоза за методу щеплення на зрощення та становила 1,2 та 1,1 кг відповідно.

Таблиця 2

Маса плодів дині звичайної сорту Тітовка, залежно від підщепи та способу щеплення (в середньому за 2023-2024 рр)

Підщеп	Спосіб щеплення	2023	2024	Середнє
Тітовка (К)	нещеплена	1,2	1,4	1,3
1.Кобальт F_1	вприклад	2,1	2,5	2,2
	в укол	1,8	2,2	2
	на зрощення	1,6	2	1,8
2.Титан F_1	вприклад	1,4	1,8	1,6
	в укол	1,2	1,8	1,5
	на зрощення	1	1,5	1,2
3.Шинтоза	вприклад	1,3	2,3	1,8
	в укол	1,5	1,7	1,6
	на зрощення	0,8	1,4	1,1
4. Рут Пауер F_1	вприклад	3,6	4,2	3,9
	в укол	3,4	3,8	3,6
	на зрощення	2,6	2,9	2,8

Аналізуючи якісні показники такі як яскравість, кольоровість та відтінок плоду (Табл. 3), встановлено що контрольний варіант нещепленої дині переважав щеплені рослини за цими показниками. Найбільший вміст твердих розчинних речовин серед підщеп мала диня щеплена на підщепу Рут Пауер F_1 , але вони не перевищували значення контрольного варіанту.

Серед усіх щеплених рослин вміст твердих розчинних речовин був нижчим ніж у контрольного варіанту. Рут Пауер F_1 та Шинтоза перевищували вміст В каротину в порівнянні з контрольним варіантом на 12,8 та 11,7 мг. Найвищу титровану кислотність мали підщепи Рут Пауер F_1 та Шинтоза та перевищували контрольний варіант на 6,1 та 5,5. Загальний вміст фенолу серед усіх щеплених рослин був вищим ніж у нещепленого контрольного варіанту. Щеплення негативно вплинуло на вміст аскорбінової кислоти. Усі щеплені рослини мали нижчий віст аскорбінової кислоти у порівнянні із нещепленою динею. Щеплення позитивно вплинуло на антиоксидантну активність дині. Найвищу антиоксидантну активність показали підщепи Рут Пауер F_1 та Титан, та перевищили контрольний варіант на 10,2 та 9,6. Найвищим вмістом мікроелементів відзначилися підщепи Рут Пауер F_1 та Шинтоза.

Крім маси та якості плодів важливим фактором успішності сорту на ринку овочевої продукції, є дегустаційна оцінка. Як зазначають деякі вчені, щеплення має вплив на якість плодів дині, зокрема зменшується вміст цукрів та погіршуються

смакові якості плодів[31,32]. Наші дослідження підтверджують цю тенденцію (Табл. 4.). Серед досліджуваних варіантів найвищу дегустаційну оцінку (5 б.) мали зразки сорту Тітовка вирощеної без використання щеплення. Серед плодів щеплених рослин найвищу оцінку мали плоди вирощені на підщепі Шинтоза. Решта підщеп мали середню дегустаційну оцінку в 3 бали.

Таблиця 3

Якісні та фізико-хімічні показники плодів

Показник	Тітовка нещеплена (К)	Тітовка щеплена			
		Кобальт F ₁	Титан F ₁	Шинтоза	Рут Пауер F ₁
Яскравість плоду	67,1	59,1	55,4	52,5	65,2
Кольоровість плоду	47,3	39,2	40,1	43,4	45,2
Відтінок плоду	75,2	74,2	73,8	74,3	73,7
Кількість твердих розчинних речовини Brix(TSS)	17,2	12,1	14,5	15,3	16,80
В каротин, мг	40	44,3	48,3	51,7	52,8
Титрована кислотність (ТА)	18,3	21,3	22,4	23,8	24,1
Загальний вміст фенолу	3,1	3,4	3,2	3,5	3,7
Аскорбінова кислота, мг/кг	2,4	1,3	1,1	1,8	2
Антиоксидантна активність Trolox	21,2	24,3	30,8	25,4	31,4
Fe(мг/кг)	52,7	54,2	56,7	58,9	61,2
Ca(г/кг)	2,8	2	1,8	2,2	2,6
Mg(г/кг)	1,8	1,9	2,2	2,1	2,4
K(г/кг)	18,7	20,5	21,3	21,8	22,3
Na(г/кг)	6,2	2,4	3,7	3,5	4,3

Таблиця 4

Дегустаційна оцінка плодів дині звичайної, залежно від способу щеплення (в середньому за 2023-2024 рр)

Підщепа	Дегустаційна оцінка, бал
Тітовка нещеплена	5
Кобальт F ₁	3
Титан F ₁	3
Шинтоза	4
Рут Пауер F ₁	3

Висновки

1 Найвищу приживлювальну здатність мала підщепаа Рут Пауер F₁ за способу щеплення вприклад – 95%.

2 Перевищували контрольний варіант по довжині стебла підщепи Рут Пауер F₁ та Кобальт

3 Усі підщепи крім Титан F₁ (на зрощення) та Шинтоза (на зрощення) перевищували масу плодів, ніж у нещепленої дині.

4 Найкращу якість та фізико-хімічні властивості плодів мали рослини щеплені на підщепи Рут Пауер F₁ та Шинтоза

5 Дегустаційна оцінка щепленої дині була нижчою на 1 бал у підщепи Шинтоза та на 2 бали у решти підщеп в порівнянні з контрольним варіантом.

Аналізуючи отримані результати, можна зробити висновок, що щеплення позитивно впливає на формування морфометричних показників дині звичайної, покращує продуктивність рослин, проте погіршує органолептичні властивості дині. В перспективі, при вивченні цього напрямку досліджень слід особливу увагу звертати на якість, дегустаційну оцінку та хімічний склад плодів дині звичайної, вирощеної способом щеплення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Kurata K. "Cultivation of grafted vegetables II. Development of grafting robots in Japan." *HortScience*, 29.4, 1994: 240-244.
2. Kaleem M. M. et al. Rootstock–scion interaction mediated impact on fruit quality attributes of thick-skinned melon during storage under different temperature regimes. *Scientia Horticulturae*, 2023, 312: 111823.
3. Kandemir D. The selection of intra-inter specific *Cucurbita* rootstocks for grafted melon seedlings. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 2023, 35: 826-838.
4. Belmonte-Urena L.J., Garrido-Cardenas J.A., Camacho-Ferre F. Analysis of world research on grafting in horticultural plants. *HortScience* 2020, 55, 112–120.
5. Xiong M., Liu C., Guo L., Wang J., Wu X., Li L., Huang Y. Compatibility evaluation and anatomical observation of melon grafted onto eight *Cucurbitaceae* species. *Frontiers in Plant Science*, 2021, 12, 762889.
6. Ye H., Zhang C., Wang B. Effects of Grafting with Different Rootstocks on Fruit Yield and Quality of Muskmelon Under Continuous Cropping. *Horticulturae*, 2025, 11(2), 183.
7. Chandana B.C. et al. A Comprehensive Review on *Cucurbit* Grafting: A Sustainable Approach to Boost Crop Performance. *Advances in Research*, 2025, 26.1: 74-83.
8. di Santo H., Barrios-Masias F. H. Melon Grafting Effects on Plant Performance and Yield in the High Desert. *HortScience*, 2024, 59.8: 1143-1149.
9. Shrestha S., Mattupalli C., Miles C. Effect of grafting compatibility on fruit yield and quality of cantaloupe in a mediterranean-type climate. *Horticulturae*, 2022, 8.10: 888.
10. Ohletz J., Loy J. B. Grafting melons increases yield, extends the harvest season, and prevents sudden wilt in New England. *HortTechnology*, 2021, 31.1: 101-114.
11. Shengping Z., Xingfang G., Ye W. Effect of bur cucumber (*Sicyos angulatus* L.) as rootstock on growth physiology and stress resistance of cucumber plants. *Acta Horticulturae Sinica*, 2006, 33.6: 1231.
12. Caceres A., et al. Impact of *Cucurbita* and *Cucumis* rootstocks on the performance and quality of Piel de Sapo melon. *European Journal of Agronomy*, 2024, 161: 127350.
13. Flores-Leon A., et al. Grafting snake melon [*Cucumis melo* L. subsp. *melo* Var. *flexuosus* (L.) Naudin] in organic farming: Effects on agronomic performance; resistance to pathogens; sugar, acid, and VOC profiles; and consumer acceptance. *Frontiers in Plant Science*, 2021, 12: 613845.
14. Edelstein M., et al. The potential of enriched fertilization in overcoming nutritional deficiency in grafted melons. *HortScience*, 2016, 51.4: 435-438.
15. Karaağaç O. Combining ability and heterosis for root structure and graft-related traits of interspecific *Cucurbita* rootstocks. *Euphytica*, 2021, 217.8: 166.
16. Lecholocholo N., et al. Influence of different rootstocks on quality and volatile constituents of cantaloupe and honeydew melons (*Cucumis melo* L.) grown in high tunnels. *Food Chemistry*, 2022, 393: 133388.

17. Hassan M. H. M., et al. Characterization of salinity tolerance level in grafted rockmelon as affected by cucurbit rootstocks and NaCl levels. *Australian Journal of Crop Science*, 2024, 18.12: 811-818.
 18. Lang X., et al. MicroRNA Profiling Revealed the Mechanism of Enhanced Cold Resistance by Grafting in Melon (*Cucumis melo L.*). *Plants*, 2024, 13.7: 1016.
 19. Davis A. R., et al. Cucurbit grafting. *Critical reviews in plant Sciences*, 2008, 27.1: 50-74.
 20. Fita A., et al. Performance of *Cucumis melo ssp. agrestis* as a rootstock for melon. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 2007, 82.2: 184-190.
 21. Ricardez-Salinas M., et al. Planting density for grafted melon as an alternative to methyl bromide use in Mexico. *Scientia Horticulturae*, 2010, 126.2: 236-241.
 22. Adiguzel P., et al. The effects of grafting on plant, fruit and seed quality in cantaloupe (*Cucumis melo L. var. cantalupensis*) melons. *Seeds*, 2023, 2.1: 1-14.
 23. San Bautista A., et al. Effects of simple and double grafting melon plants on mineral absorption, photosynthesis, biomass and yield. *Scientia Horticulturae*, 2011, 130.3: 575-580.
 24. Fereshtian M., et al. Preliminary evaluation of compatibility, growth and yield of Khatooni melon's scion on different *cucurbit* rootstocks in the field condition. 2021.
 25. Guan W., Zhao X. Techniques for melon grafting. *IFAS Extension. Univ. of Florida. Document No.HS1257*, 2014, 1-5.
 26. Бондаренко Г. Л., Яковенко К. І. Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві. Харків: Основа, 2001. 369 с.
 27. Abbasi N. A., et al. Effects of putrescine application on peach fruit during storage. *Sustainability*, 2019, 11.7: 2013.
 28. Eltom M. et al. Pre-budburst temperature influences the inner and outer arm morphology, phenology, flower number, fruitset, TSS accumulation and variability of *Vitis vinifera L. Sauvignon Blanc* bunches. *Australian journal of grape and wine research*, 2017, 23.2: 280-286.
 29. Ranganna S. *Handbook of analysis and quality control for fruit and vegetable products*. Tata McGraw-Hill Education.1986.
 30. Nielsen S. S., Nielsen S. S. Correction to: food analysis laboratory manual. *Food Analysis Laboratory Manual*, 2017, C1-C2.
 31. Nisini P. T., et al. Rootstock resistance to fusarium wilt and effect on fruit yield and quality of two muskmelon cultivars. *Scientia Horticulturae*, 2002, 93.3-4: 281-288.
 32. Rouphael Y. et al. Impact of grafting on product quality of fruit vegetables. *Scientia horticulturae*, 2010, 127.2: 172-179.
-

ТВАРИННИЦТВО, КОРМОВИРОБНИЦТВО, ЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ПЕРЕРОБКА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ

ANIMAL HUSBANDRY, FEED PRODUCTION,
STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTS

УДК 636.2.082.084.085.2.11.

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.144.34>

ОПТИМІЗАЦІЯ ВПЛИВУ РІВНЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ЖИВЛЕННЯ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ТЕЛИЦЬ НОВОЇ ПОПУЛЯЦІЇ М'ЯСНОГО КОМОЛОГО СИМЕНТАЛУ ХУДОБИ НА ПІДСИСІ ТА ПІСЛЯ ВІДЛУЧЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ КОМПЛЕКСНОГО МІНЕРАЛЬНОГО ПРЕПАРАТУ В РЕЦЕПТАХ РАЦІОНАХ В КАРПАТСЬКОМУ РЕГІОНІ БУКОВИНИ

Калинка А.К. — к.с.-г.н., с.н.с.,

завідувач відділом тваринництва,

Буковинська державна сільськогосподарська дослідна станція

Інституту сільського господарства Карпатського регіону

Національної академії аграрних наук України

orcid.org/0009-0000-4270-563X

Лесик О.Б. — к.с.-г.н., с.н.с.,

заступник директора з наукової роботи,

Буковинська державна сільськогосподарська дослідна станція

Інституту сільського господарства Карпатського регіону

Національної академії аграрних наук України

orcid.org/0000-0002-0593-1416

В пропонованій статті вперше вивчено оптимізацію впливу рівня енергетичного живлення на продуктивність телиць нової популяції м'ясного комолого сименталу худоби на підсисі та після відлучення з використанням комплексного мінерального препарату в рецептах раціонів в Карпатському регіоні Буковини. Дослідженнями визначено, що протягом 199 днів основного періоду дослідів де м'ясні телиці дослідної групи, яким на початку основного періоду, яким вводили три рази дослідний препарат через 15 днів, добові прирости становили – 860,3г, що на 85,4г (11,02%) при ($P < 0,001$) більше від ровесників контрольної групи, які знаходилися на кормах господарства без введення препаратів. Краща оплата корму продукцією була в тварин І – дослідної групи, яка становила 7,6 к. од., що на 1,3 к. од., (8,5%) менше від ровесників-аналогів контрольної групи. Встановлено, що за весь період дослідів протягом (199днів) телиці дослідної групи в яких добові

прирости склали – 959,3г, що на 65,6 г (10,9 %) більше за ровесниць контролю. Вивчено витрати обмінної енергії на 1 кг приросту живої маси в телиць І-дослідної групи, яка становила 81,5 МДж при витратах 5,7 кормових одиниць з концентрацією обмінної енергії в 1 кг сухої речовини 8,4 МДж, що сприяло зменшенню споживання сухої речовини на 100 кг живої маси для отримання дешевої яловичини в умовах передгір'я Карпат. Визначено, що кращі економічні показники отримано в контрольній групі, в яких затрати кормів на 1 ц приросту живої маси склали 8,4 ц. к. од., собівартість приросту живої маси 1 голови за період вирощування дорівнювала 1150 грн. Чистий дохід на 1 голову в даній групі був найбільшим, що становив 466,6 при рентабельності – 40,5% в передгірській зоні Карпатського регіону Буковини. Доведено що при інтенсивному вирощуванні телиць симентальної м'ясної худоби після відлучення з вирощуванням телиць з добавкою препарату де енергія росту, що складає – 860,3, що на 85,4 г (11,0%) при ($P < 0,001$) більше від ровесників, які не отримували добавки, в яких концентрація обмінної енергії в 1 кг сухої речовини становила – 8,4 МДж.

Ключові слова: тип, жуйні, телиці, годівлі, раціон, мінеральний препарат.

Kalinka A.K., Lesyk O.B. Optimization of the impact of energy nutrition level on the productivity of heifers of a new population of beef Simmental cattle during lactation and after weaning using a complex mineral preparation in ration recipes in the Carpathian region of Bukovina

In the proposed article, the optimization of the impact of the level of energy nutrition on the productivity of heifers of a new population of beef Simmental cattle at suckling and after weaning with the use of a complex mineral preparation in the recipes of rations in the Carpathian region of Bukovina was studied for the first time. The studies determined that during the 199 days of the main period of the experiment, the beef heifers of the experimental group, which at the beginning of the main period were administered three times the experimental preparation after 15 days, had daily gains of – 860,3 g, which is 85,4 g (11,02%) more than the peers of the control group, which were on farm feed without the introduction of preparations. The best payment for feed in terms of production was in animals of the I – experimental group, which was 7,6 c. units, which is 1,3 c. units, (8,5%) less than the peers of the control group. It was established that for the entire period of the experiment (199 days) the heifers of the experimental group in which the daily gains were – 959,3 g, which is 65,6 g (10,9 %)

more than the control peers. The expenditure of metabolic energy per 1 kg of live weight gain in heifers of the I-experimental group was studied, which was 81,5 MJ at the expense of 5,7 feed units with a concentration of metabolic energy in 1 kg of dry matter of 8,4 MJ, which contributed to the reduction of dry matter consumption per 100 kg of live weight to obtain cheap beef in the conditions of the foothills of the Carpathians. It was determined that the best economic indicators were obtained in the control group, in which the expenditure of feed per 1 c of live weight gain was 8,4 c. c. units, the cost of live weight gain of 1 head during the growing period was 1150 UAH. The net income per head in this group was the highest, amounting to 466,6 with a profitability of 40.5% in the foothill zone of the Carpathian region of Bukovina. It has been proven that with intensive rearing of Simmental beef cattle heifers after weaning with rearing of heifers with the addition of the drug, the growth energy, which is – 860.3, which is 85,4 g (11,0%) at more than peers who did not receive the supplement, in which the concentration of metabolic energy in 1 kg of dry matter was – 8,4 MJ.

Key words: type, ruminants, heifers, feeding, diet, mineral drug.

Постановка проблеми. В реаліях війни та в даний час в умовах української фінансово-економічної кризи де існуючі прийняті старі технології виробництва яловичини, які не дають змоги максимально реалізувати високий власний генетичний потенціал продуктивності м'ясної худоби нової генерації через дорогі консервативні технології годівлі в господарствах суспільного сектору різних форм господарювання, що є актуальним в умовах Карпатського регіону Буковини [6, с. 71, 7, с. 85].

В зв'язку з цим, щоб збільшити виробництво конкурентоздатної дешевої яловичини з покращеною її якістю можна на основі розробки різних дешевих високо ефективних рецептів раціонів та їх оптимізації з власними кормовими ресурсами для повноцінної годівлі та максимальної реалізації продуктивного потенціалу молодяку нової популяції м'ясного комолого сименталу худоби в умовах різних географічних зонах Карпатського регіону України.

Оскільки при створенні в регіоні нової популяції м'ясних комолих сименталів різної селекції та ліній, які виявляють свій високий генетичний м'ясний потенціал не лише при прийнятих раціонах та типах годівлі, а й вивчити необхідно при середньому та високому рівні годівлі з використанням інтенсивного вирощування м'ясного комолого сименталу худоби на прийнятих кормах власного виробництва в умовах передгірної зони регіону Буковини.

В основу нової наукової роботи, покладено результати багаторічних власних досліджень з годівлі м'ясних комолих сименталів та виробництва конкурентної яловичини в господарствах різних форм власності Буковини.

Зокрема по повноцінній науково – обґрунтованій годівлі худоби за оптимальним рівнем обмінної енергії та всіма поживними та біологічно активними речовинами згідно уточнених і доповнених деталізованих норм, що включають біля 20 контрольних показників [1, с. 3, 2, с. 2].

Проте відомості про ефективність і конкурентність різних нових перспективних енергозберігаючих розроблених технологій годівлі з розроблення нових дешевих рецептів раціонів та їх оптимізація з кормовими ресурсами для максимальної реалізації генетичного продуктивного потенціалу м'ясної худоби практично нині відсутні в умовах підконтрольного регіону Буковини.

Таким чином буде вперше розроблено нові моделі рецептів раціонів в господарствах різних форм власності з організації вдосконалення рецептів раціонів та їх оптимізацію кормових ресурсів для м'ясних телиць м'ясного комолого сименталу, які вирощуються на підсисі, що дозволить оптимізувати годівлю, підвищити продуктивність тварин на 17–21 %, знизити витрати корму на 1 кг приросту на 7 – 11 % та підвищити рентабельність галузі на 7,5 – 15% в передгірській зоні Карпатського регіону України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Важливою в сьогоденні проблемою в регіоні є вивчення продуктивного потенціалу м'ясної худоби нової генерації, що не вивчалось в минулому та в даний час з удосконалення різних рецептів раціонів та їх структур в підсисному періоді та після відлучення молодняку з використанням нового розробленого вітчизняного комплексного мінерального препарату та кормів зі сховищ оброблених мікроелементами їх перед згодовуванням тваринам, що і є самою найбільшою ціллю для вітчизняної аграрної науки в зоні Українських Карпат.

Оскільки новими мікроелементами вітчизняного виробництва є йод і селен, дефіцит яких в раціоні негативно впливає на фізіологічний стан тварин, обмін речовин в їхньому організмі та продуктивність жуйних. Це зумовлено важливою роллю йоду в синтезі тиреоїдних гормонів, які характеризуються широким спектром регуляторної дії в організмі жуйних, які впливають на різні сторони їх продуктивності з використанням селену в синтезі дейодиназ, які каталізують перетворення тироксину в трийодтиронін та синтезі глутатіонпероксидази, яка займає центральне положення в системі антиоксидантного захисту в організмі м'ясних жуйних в зоні Карпат.

Тому нестача досліджуваних мікроелементів та значні коливання концентрації йоду в кормах, про зв'язок між вмістом цих мікроелементів та концентрацією тироксину та активністю глутатіонпероксидази в крові м'ясних жуйних, що є найбільш цікавими дослідженнями в годівлі підсисного молодняку м'ясного комолого сименталу худоби в передгірській зоні Буковини

З огляду на це, що в вітчизняній літературі, яка засвідчує про необхідність нових досліджень з розроблення нових рецептів раціонів та оптимізації кормових

власних ресурсів з використанням препаратів на основі селену та кормів зі сховищ оброблених мінеральними речовинами для максимальної реалізації потенціалу молодняку м'ясного комолого сименталу худоби, так як виникає велика потреба в їх правильному доведенню для базових господарств суспільного сектору різних форм власності Буковини.

Для цього з вище сказаним згодовування кормів із сховищ, які будуть оброблені перед годівлею мінеральними елементами після відлучення телиць в складі кукурудзяного силосу, що є найбільшою ціллю в передгірській зоні Карпатського регіону України.

Тому, з одним з найбільш ефективних методів профілактики та збільшення енергії росту телиць м'ясного напрямку продуктивності є з дефіцитом корми по йоду, магнію та заліза і для цього вироблений промисловий новий комплексний мінеральний препарат, що представляє собою суміш комплексів декстрану з залізом, високо полімерів з йодом, натрію селеніту з метіоніном і розчину хлориду магнію, що є дуже цінним в годівлі худоби.

Таким чином, такий ефективний захід виконання наукової роботи, можливо із розвитком перспективної дешевої технології м'ясного скотарства, як самостійної галузі, для якої створюється новий тип худоби м'ясного сименталу нової генерації з високим генетичним м'ясним потенціалом, який добре адаптований, що відповідає запитам даної галузі, зокрема годівлі, утримання та розведення вище сказаних тварин до умов різних зон регіону Карпат.

Постановка завдання. Метою роботи – вплив рівня енергетичного живлення на продуктивність телиць нової популяції м'ясного комолого сименталу худоби на підсисі та після відлучення з використанням комплексного мінерального препарату в рецептах раціонів в Карпатському регіоні Буковини.

Об'єктом досліджень – телиці нової генерації м'ясних комолих сименталів худоби, які поставлені на інтенсивне вирощування при різних технологіях годівлі на кормах власного виробництва з розробки нових перспективних рецептів раціонів і їх оптимізації в літньому та зимовому періодах вирощування з розрахунком економічної їх доцільності для різних господарств з розведення даної худоби Чернівецької області.

Предметом досліджень – продуктивність, ріст та розвиток телиць м'ясного комолого сименталу, споживання кормів, перетравність поживних речовин, баланс енергії та елементів живлення, раціони, комбікорми, силос, дослідний мінеральний препарат.

За ціль досліджень нами взято вивчення впливу різних рецептів раціонів на продуктивність телиць м'ясного комолого сименталу худоби на підсисі з використанням комплексного мінерального препарату в раціонах в Карпатському регіоні Буковини.

Для цього проведено науково-господарський дослід в ДП ДГ „Чернівецьке” Герцаївського району Чернівецької області в базовому господарстві Буковинської державної сільськогосподарської дослідної станції ІСГ КР НААН на телицях м'ясного комолого сименталу худоби де було відібрано 2 – групи телиць в кожній по 10 голів аналогів з однаковою живою масою в віці 1-2 місяця народження згідно розробленої такої схеми досліджень (табл. 1).

Так новий експериментальний препарат, який володіє тонізуючою дією, що є адаптогеном та стимулятором обмінних процесів, підвищує резистентність організму до комплексу негативних факторів, сприяє високій енергії росту та розвитку телиць в усіх фізіологічних періодах розвитку в передгірській зоні Буковини.

Таблиця 1

Схема науково – господарського дослідіду

Група	Стать	Кількість, гол.	Особливості годівлі тварин		
			Періоди		
			Підготовчий	Обліковий	Заключний
Контрольна	Телиці	10	Раціон, прийнятий в господарстві	Основний раціон (ОР): силос кукурудзяний, сіно, солома, зерносуміш (ячмінь, зерно кукурудзи), молоко цільне	Раціон, прийнятий в господарстві
Дослідна		10		ОР + 2,5 мл «БТФ Плюс» на 10 кг живої маси телиць	

Умови утримання та догляду для всіх дослідних телиць були однаковими з використанням класичного методу підсосу та технології м'ясного скотарства. В кінці жовтня місяці телиці переважили для виявлення живої маси та розвитку за весь період дослідіду від дати постановки та закінчення дослідіду.

Для дослідіду в віці 2-3 міс. де було відібрано телят (теличок) м'ясного комолого сименталу худоби, з яких за методом пар-аналогів і сформували дві піддослідні групи по 10 голів у кожній. Перша група буде контрольною, а друга дослідною. Телята в групі були відібрані з урахуванням статі, віку, живої маси, стану здоров'я, вгодованості та енергії росту в підготовчому періоді.

Тварини контрольної групи отримувати раціон, прийнятий в господарстві, який в основному буде відповідати загальній схемі годівлі з плановими добовими приростами маси тіла телят 900-1000 г на підсосі. Телицям дослідної групи додатково буде уведено внутрим'язово новий комплексний мінеральний препарат (КМП), що представляє собою суміш комплексів декстрину з залізом, високо полімерів з йодом, натрію селеніту з метіоніном і розчину хлориду магнію, в якому в 1 мл препарату міститься, мг: Fe – 13-17; J – 6,0-7,0; Mg – 5,5-6,2; Se – 0,30-0,35, що являє собою стерильну, не летючу родину темно-коричневого кольору і специфічного запаху, добре змішується у всіх відносинах з водою.

Біологічні властивості препарату обумовлені тим, що входять в його склад компоненти, а саме йод, який використовується організмом тварин для синтезу тиреоїдних гормонів, які регулюють основний обмін, витрати вуглеводів, білків і жирів в організмі, процеси теплоутворення, впливають на ріст і розвиток м'ясних телиць нової генерації, які вирощуються в зоні Карпат. Для наших досліджень було оптимальна профілактична доза КМП для телят – 2,5 мл на 10 кг живої маси. При необхідності препарат повторно було введено в тій же дозі не раніше ніж через 15 днів.

Умови для всіх дослідних телиць були однаковими для дослідження, які будуть проводитися в стійловий період безприв'язно за технологією м'ясного скотарства. Фактичне споживання кормів у стійловий період було проведено шляхом щоденного зважування їх перед роздаванням і обліку залишків.

Перед дослідом у зрівняльний період тривалістю 25 днів було проведена робота з формування груп і адаптації тварин до умов дослідіду та рецепту раціону.

В цей період на фоні однакової годівлі було перевірено аналогічність груп за продуктивністю та інтенсивністю росту.

Зміни живої маси м'ясних телиць в яких було визначено за даними зважувань на початок та в кінці основного періоду дослідів (стійловий період), та при виході на культурні пасовища в заключному періоді досліджень.

Для виконання нових запланованих досліджень були використані методичні рекомендації досліджень по годівлі м'ясної худоби. За контролем годівлі та утриманням тварин використовували рекомендації [3, 78, 11, с.38,]. В дослідженнях для використання однотипної годівлі для м'ясної худоби була використана методика [3, с.78, 4, с.484, 5, с.332]. Для складання рецептів раціонів були використані норми та раціони годівлі жуйних [8, с.48, 9, с .86, 10, с.73].

Матеріали досліджень опрацьовані методом варіаційної статистики з тварин використовували програми ПК. Економічний аналіз отриманих даних провели розрахунковим методом. Для складання рецептів раціонів використовували норми та раціони годівлі молодняку худоби м'ясних порід та типів [11, с.38].

Використання кормів дослідними телицями за основний період дослідів приведено в середньому за 1 кормо/день (табл. 2).

Таблиця 2

Використання кормів тваринами за основний період дослідів

КОРМИ	Контрольна	Дослідна -1
Сіно, кг	0,079	0,061
Зерноsumіш, кг	0,150	0,152
Молоко, кг	3,56	3,47
Зелена маса пасовищ, кг	25,47	26,7
сіль	0,055	0,055
Препарат КМД « Б+ плюс»	-	Уведення один раз на 15 днів
У раціоні міститься:		
Обмінної енергії, МДж	63,9	74,2
Кормових одиниць, кг	6,43	6,65
Перетравного протеїну, г	578	745
Сухої речовини, кг	7,56	9,7
Цукру, г	395,9	596
Кальцію, г	25,9	39,9
Фосфору, г	17,1	22,69
Припадає перет. /протеїну:		
на 1 МДж, г	9,04	10,04
на 1 к. од., г	110,9	112,03
на 1 кг сухої речовини, г	76,4	67,01

Зміни в живій масі ремонтних телиць м'ясного комолого сименталу худоби нової генерації за весь період дослідів наведені в (табл. 3).

Дослідженнями встановлено (табл. 3), що протягом 199 днів основного періоду дослідів м'ясні телиці дослідної групи, яким на початку основного періоду, яким вводили три рази дослідний препарат через 15 днів, добові прирости становили – 860,3г, що на 85,4г (11,02%) при ($P<0,001$) більше від ровесників контрольної групи, які знаходилися на власних кормах господарства без уведення препаратів.

Таблиця 3

Жива маса дослідних телиць за період дослідів, ($M \pm m$, $n=10$)

ПОКАЗНИК	Контрольна	Дослідна
Кількість тварин, гол.	8	8
Жива маса, кг: на початок дослідів на кінець основного дослідів	35,5 $\pm$ 1,7 189,7	34,3 $\pm$ 1,3 205,5
Приріст: загальний, кг середньодобовий, г $\pm$	154,2 $\pm$ 1,3 774,9	171,2 $\pm$ 1,9 860,3 $\pm$ 0,85
Критерій вірогідності, P	-	$P > 0,99$
Жива маса, кг: на кінець заключного періоду	207,7 $\pm$ 1,9	225,2 $\pm$ 2,4
Приріст: загальний, кг середньодобовий, г $\pm$	18,2 $\pm$ 1,7 720,1 $\pm$ 0,075	19,7 $\pm$ 1,9 788,2 $\pm$ 0,095
Витрати корму на 1 кг приросту, к. од.	8,9	7,6

Краща оплата корму продукцією була в тварин I – дослідної групи, яка становила 7,6 к. од., що на 1,3 к. од., (8,5%) менше від ровесників-аналогів контрольної групи. Так у – дослідній групі телицям, яким додатково вводили дослідний препарат де добові прирости в заключному періоді становили – 788,2 г, що на 67,9г більше від ровесниць контрольної групи.

Отже результати наших дослідів показують, що за весь період дослідів протягом (199днів) телиці дослідної групи в яких добові прирости склали – 959,3г, що на 65,6 г (10,9 %) більше за ровесниць контролю.

Так в дослідженнях, доведено, що в дослідних телицях за однаковими умовами годівлі з додаванням весною дослідного препарату, продуктивність тварин за весь період проходила майже з однаковою інтенсивністю росту, але на 17,6 кг була більшою та загальний приріст становив – 171,2 кг, що на 17,3 (11,02%) менше за телиць, контрольної групи.

Входячи з наведених даних можна констатувати, що за весь період дослідів телиці дослідної групи м'ясного комолого сименталу худоби, яким вводили в перші два місяці дослідний препарат, які мали енергію росту на 11,02% більше за телиць, яким не вводили в умовах передгірської регіону Буковини.

В дослідженнях визначали концентрацію обмінної енергії та сухої речовини на 100 кг живої маси ремонтних м'ясних телиць (табл. 4).

Таблиця 4

Концентрація обмінної енергії та сухої речовини на 100 кг живої маси

Групи	Приріст за основний період дослідів, кг	Концентрація обмінної енергії на 1 кг сухої речовини	Витрати на 1 кг приросту		Споживання на 100 кг живої маси	
			обмінної енергії, МДж	кормових одиниць, к. од.	обмінної енергії, МДж	сухої речовини, кг
Контрольна	154,2	8,4	63,9	8,9	32,5	2,7
1– Дослідна	171,2	7,6	74,2	7,6	35,0	2,3

Наведені в (табл. 4) дані свідчать про те, що споживання на 100 кг живої маси обмінної енергії в основному періоді дослідів у всіх дослідних м'ясних телиць була майже однаковою. Отже, витрати обмінної енергії на 1 кг приросту живої маси в телиць І- дослідної групи становили 81,5 МДж при витратах 5,7 кормових одиниць з концентрацією обмінної енергії в 1 кг сухої речовини 8,4 МДж, що сприяло зменшенню споживання сухої речовини на 100 кг живої маси для отримання дешевої яловичини в передгір'ї Карпат.

Економічна ефективність отриманих у ході дослідження результатів (табл. 5).

Таблиця 5

Економічна ефективність вирощування ремонтних м'ясних телиць

Показник	І-Дослідна	ІІ- Дослідна
Середня жива маса 1 голови на кінець основного періоду дослідів, кг	207,7±1,9	225,2±2,4
Загальний приріст живої маси 1 голови за основний період вирощування, кг	154,2±1,3	171,2±1,9
Добовий приріст живої маси, г	774,9	860,3
Затрати кормів на 1 ц приросту живої маси, ц .к. од.	8,4	7,6
Собівартість 1 ц приросту живої маси, грн.	1150	1150
Чистий прибуток за 1 ц живої маси, грн..	466,6	515,6
Рентабельність, %	40,5	44,8

Дослідженнями доведено (табл. 5), що кращі економічні показники отримано в контрольній групі, в яких затрати кормів на 1 ц приросту живої маси склали 8,4 ц. к. од., собівартість приросту живої маси 1 голови за період вирощування дорівнювала 1150 грн. Чистий дохід на 1 голову в даній групі був найбільшим і становив 466,6 при рентабельності – 40,5%. Як свідчать результати проведеної економічної ефективності з вирощування телиць м'ясного комолого сименталу жуйних нової генерації, яким вводили досліджений препарат, при цьому досягаються добові прирости – 860,3 г із рентабельність – 44,8 %, що забезпечує розроблену інтенсивну технологію вирощування м'ясної худоби, яка виявилась економічно перспективною в умовах передгірної зони Карпат.

Таким чином, дослідження показали, що для інтенсивного вирощування телиць симентальської м'ясної худоби комолого типу після відлучення з вирощуванням телиць з добавкою препарату де енергія росту, що складає – 860,3, що на 85,4 г (11,0%) більше від ровесників, які не отримували добавки, в яких концентрація обмінної енергії в 1 кг сухої речовини становила –8,4 МДж.

Висновки та пропозиції. Для Карпатського регіону України з уведенням дослідним телицям нової популяції м'ясного комолого сименталу худоби на підсисі до 3 – місяців мінерального препарату «БТФ Плюс», що досягається середня жива маса – 93,3 кг в яких енергія складала – 925 г, що на 150г (19,3%) більше за ровесників контрольної групи, які знаходилися на прийнятому раціоні господарства. Як свідчать результати проведених досліджень, що протягом 199 днів основного періоду дослідів м'ясні телиці, яким на початку основного періоду вводили три рази дослідний препарат через 15 днів, добові прирости становили – 860,3г, що на 85,4г (11,02%) більше від ровесників контрольної групи, які знаходилися на кормах господарства без уведення дослідного препарату. Доведено, що в дослідній групі м'ясним симентальським телицям, яким додатково вводили дослідний препарат, добові прирости в заключному періоді становили – 788,2 г, що на 67,9г

більше від ровесниць контрольної групи. Результати дослідів показують, що за весь період досліду протягом (199днів) телиці дослідної групи в яких добові прирости склали – 959,3г, що на 65,6 г (10,9 %) більше за ровесниць контролю. Визначено витрати обмінної енергії на 1 кг приросту живої маси в телиць дослідної групи, яка становила 81,5 МДж при витратах 7,6 к. од. з концентрацією обмінної енергії в 1 кг сухої речовини 8,4 МДж, що сприяло зменшенню споживання сухої речовини на 100 кг живої маси для отримання дешевої яловичини в умовах передгір'я Карпат. Результатами досліджень встановлено, що протягом весняного основного періоду 75 днів досліду при стійловому – періоді з досягненням телицями м'ясного комолого сименталу середньої живої маси – 325кг в 14 місяців та добовими приростами контрольної групи, що склали – 805 г, що на 125 г (15,5%), ($P>0,005$) менше від ровесників дослідної групи, яким не задавали в силос мікроелементів. Результати дослідів показують, що в заключному періоді дослідні м'ясні телиці, які зберігали енергію росту до – 915г, що на 130г (18,5 %) більше за контрольних телиць. Вивчено витрати обмінної енергії на 1 кг приросту живої маси у телиць дослідної групи становили 127,0 МДж при витратах 7,1 кормових одиниць з концентрацією обмінної енергії в 1 кг сухої речовини 15,3 МДж, що сприяло збільшення споживання сухої речовини на 100 кг живої маси, для отримання дешевої яловичини в умовах передгірської зони Карпатського регіону України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Буркат В. П., Сахацький П. С. Використання пасовищ і м'ясне скотарство. *Тваринництво України*. 1997. № 6. С. 2–4.
2. Буркат В.П. До розробки концепції створення галузі м'ясного скотарства в Україні. *Тваринництво України*. 1995. № 7. С. 1–2.
3. Бабич А.О. Методика проведення дослідів з кормо виробництва і годівлі тварин. Київ: *Аграрна наука*. 1998. 78 с.
4. Довідник по годівлі сільськогосподарських тварин. За ред. Г.О. Богданова, К. : *Урожай*. 1986, 484 с.
5. Довідник з повноцінної годівлі сільськогосподарських тварин. / І. І. Ібатулін., М. І. Башенко., О. М. Жукорський., Ю. Ф. Мельник. і ін. *Аграрна наука*. 2016. 332 с.
6. Калинка А. К., Казьмірук Л. В. Вирощування бугайців планових порід та їх помісей з використанням різних технологій утримання та годівлі у молочному періоді в умовах регіону Буковини. *Зб. наукових праць. Аграрна наука та харчові технології*. Вип. 4 (106). Вінниця, 2019. С. 66–76.
7. Калинка А.К. Ефективне розведення м'ясного сименталу на Буковині : матеріали XIII Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції. м. Вінниця, 10 жовтня 2017 року. За ред. А.К. Калинки, які оприлюднені на інтернет-сторінці el-conf.com.ua. 85 с.
8. Норми і раціони годівлі молодняку великої рогатої худоби м'ясних порід та типів. А.Т Цвігун., М.Г. Повозніков., С.М. Блюсюк., В.Г Кураш., М.В. Зубець, Г.О. Богданов та ін. Кам'янець-Подільській : Абетка, 2001. 48 с.
9. Теорія і практика нормованої годівлі великої рогатої худоби. Кандиба В. М., Ібатулін І.І., Костенко В. І. та ін. Житомир. 2012. ПП «Рута» 86 с.
10. Цвігун. А.Т., Повозніков М.Г., Блюсюк С. М., Мельник Ю.Ф. та ін. Організація нормованої годівлі великої рогатої худоби м'ясних порід та типів (Рекомендації). К., 1999. 73 с.
11. Методичні основи досліджень по технології м'ясного скотарства. Чигринов Є.І., Маменко О.М., Прудніков В.Т. та ін. Методичні рекомендації. Харків : ІТ УААН, 1998. 60 с.

УДК 636.2.0834.085.2.11.39

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.144.35>

ВПЛИВ РЕЦЕПТІВ РАЦІОНІВ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ БУГАЙЦІВ СИМЕНТАЛЬСЬКОЇ ПОРОДИ НОВОГО ТИПУ В УМОВАХ ПОКУТТЯ

Калинка А.К. —к.с.-г.н., с.н.с.,

завідувач відділу тваринництва,

Буковинська державна сільськогосподарська дослідна станція

Інституту сільського господарства Карпатського регіону

Національної академії аграрних наук України

orcid.org/0009-0000-4270-563X

Вперше досліджено ефективність відгодівлі нової популяції симентальських м'ясних комолых бугайців за середнього рівня годівлі з використанням різних відсоткових співвідношень кормів у раціоні в умовах регіону Покуття. Дослідження показали, що протягом 151 дня першого зимового періоду досліді добові прирости бугайців контрольної групи становили 589 г, що на 33 г (5,6%) та на 86 г (14,6%) менше порівняно з бугайцями-ровесниками I та II дослідних груп, у раціони яких окремо входили кукурудзяний силос і сінаж. При цьому, введення до раціону бугайців III дослідної групи сінажу (10%) та кукурудзяного силосу (10%) за поживністю, що сприяло зростанню добових приростів до 775 г, що на 166 г (або на 28%) більше за ровесників контрольної групи. Встановлено, що на літніх раціонах дослідні бугайці, які протягом 123 днів отримували комбінований тип годівлі з використанням кормів зі сховищ та зелених кормів у кількості 50% за поживністю, показали енергію росту 707 г (II дослідна група) та 732 г (III дослідна група), що на 1,1% та 4,7% більше, ніж в аналогів контрольної групи. На 1 кг приросту в III дослідній групі витрачено 9,8 к. од., що на 0,5 к. од. нижче, ніж у контролі. Важливим фактором є те, що споживання обмінної енергії на 100 кг живої маси у бугайців III дослідної групи в другому зимовому періоді становило 19,8 МДж, що на 2,3 МДж менше, ніж у ровесників контрольної групи. На основі проведених досліджень можна стверджувати, що на 1 кг забійної маси бугайці, яким у раціоні тривало згодовували кукурудзяний силос та сінаж (по 10% за поживністю), витрачали обмінної енергії 158 МДж (на 9,5% менше), сухої речовини 14,7 кг (на 8,7% менше), кормових одиниць 14,5 (на 9,3% менше), перетравного протеїну 1453 г (на 9,1% менше) та концентрованих кормів 2,1 кг (на 5,5% менше) порівняно з ровесниками контрольної групи, які вирощувалися в регіоні Покуття. Дослідженнями доведено, що бугайці III дослідної групи характеризуються вищими забійними показниками (забійний вихід 53,4%, вихід туші 51,3%, забійна маса 235 кг, маса парної туші – 228 кг) порівняно з тваринами контрольної та I дослідних груп при вирощуванні в регіоні Покуття.

Ключові слова: худоба, бугайці, годівля, раціон, корм, добові прирости.

Kalinka A.K. The influence of diet recipes on the productivity of new-type Simmental bulls in Pokuttia conditions

For the first time, the efficiency of fattening a new population of Simmental beef bulls at an average level of feeding using different percentages of feed in the diet in the conditions of the Pokuttia region was studied. The studies showed that during the 151 days of the first winter period of the experiment, the daily gains of bulls in the control group were 589 g, which is 33 g (5,6%) and 86 g (14,6%) less compared to bulls of the same age of the I and II experimental groups, whose diets included corn silage and haylage separately. At the same time, the introduction of haylage (10%) and corn silage (10%) into the diet of bulls of the III experimental group in terms of nutritional value, which contributed to the increase in daily gains to 775 g, which is 166 g (or 28%) more than the peers of the control group. It was found that on summer diets, experimental bulls, which for 123 days received a combined type of feeding using feed from storage facilities and green fodder in an amount of 50% in terms of nutritional value, showed growth energy of 707 g (II experimental group) and 732 g (III experimental group), which is 1,1% and 4,7% more than in analogues of the control group. For 1 kg of gain in the III experimental group, 9.8 k. units were spent, which is 0.5 k. units lower than in the control. An important factor is that the consumption

of metabolic energy per 100 kg of live weight in bulls of the III experimental group in the second winter period was 19.8 MJ, which is 2,3 MJ less than in peers of the control group. Based on the conducted studies, it can be stated that per 1 kg of slaughter weight, bulls that were continuously fed corn silage and haylage in their diet (10% in terms of nutritional value) consumed 158 MJ of metabolic energy (9,5% less), 14,7 kg of dry matter (8,7% less), 14,5 feed units (9,3% less), 1453 g of digestible protein (9,1% less) and 2,1 kg of concentrated feed (5,5% less) compared to their peers in the control group that were raised in the Pokuttya region. Studies have shown that bulls of the III experimental group are characterized by higher slaughter rates (slaughter yield 53,4%, carcass yield 51,3%, slaughter weight 235 kg, paired carcass weight - 228 kg) compared to animals of the control and I experimental groups when grown in the Pokuttya region.

Key words: cattle, bulls, feeding, ration, feed, daily gains.

Постановка проблеми. В умовах воєнних реалій, підвищення продуктивності м'ясної великої рогатої худоби в регіоні Покуття є актуальною проблемою, що вимагає впровадження економічно ефективних технологій годівлі. Це дозволить мінімізувати витрати кормів на одиницю продукції та забезпечити рентабельне виробництво яловичини в умовах сучасних викликів у даному регіоні Карпат.

Історично, трансформація економічних відносин та перехід від адміністративно-командної системи до ринкової, без адекватного впровадження нових регуляторних механізмів, призвела до спаду обсягів виробництва та реалізації тваринницької продукції в Карпатському регіоні, що підтверджується дослідженнями [5, с. 126; 6, с. 277; 9, с. 47; 15, с. 226; 16, с. 110].

В реаліях війни де однією із основних проблем високої продуктивності м'ясної великої рогатої худоби є впровадження та використання дешевої технології годівлі з малими затратами кормів на одиницю виробленої продукції, що є актуальним в умовах регіону Покуття. Це обумовлює необхідність оптимізації витрат на годівлю жуйних для забезпечення ефективного виробництва яловичини в умовах сучасних викликів, зокрема військових реалій, у даному регіоні Карпат."

В зв'язку з цим в умовах сучасних викликів, зокрема військових реалій, забезпечення ефективного виробництва м'ясної великої рогатої худоби, що вимагає оптимізації витрат на годівлю жуйних в даному підконтрольному регіоні зони Карпат.

У період трансформації економічних відносин при руйнуванні раніше сформованої системи регулювання адміністративними важелями, без змін їх новими ринковими, призвело до спаду виробництва та до скорочення реалізації скотарської продукції в даному підконтрольному регіоні Карпат [5, с.126, 6, с. 277, 9, с.47, 15, с. 226, 16, с.110].

Відтак, головним завданням у розв'язанні зазначених виробничих проблем є розвиток м'ясного скотарства як однієї з ключових галузей, що сприятиме вирішенню продовольчої проблеми як у регіоні Покуття, так і в Україні загалом.

Тому головним завданням у розв'язанні даних вище виробничих проблем, що належить регіональному м'ясному скотарству, як однієї із основних галузей, розвиток якої сприяє вирішенню продовольчої проблеми в регіоні Покуття.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, у яких започатковано розв'язання проблеми. Низка науковців [10, с. 327; 13, с. 97], які наголошують на важливості розробки ефективних та економічно обґрунтованих технологій годівлі молодняка м'ясного напрямку жуйних, що є особливо актуальним в умовах воєнного часу та ринкових реалій для господарств регіону Карпат.

Для реалізації високого генетичного потенціалу м'ясної продуктивності порід у даному регіоні, необхідні нові розробки та експериментальні обґрунтування щодо вдосконалення технологій годівлі з урахуванням регіональних особливостей кормової бази Покуття.

Примітно, що у більшості господарств суспільного сектору, незалежно від форми власності, у годівлі м'ясної худоби нової генерації все ще переважають низько енергетичні корми (солома, силос). Це створює проблему як для аграрної науки, так і для виробництва.

Таким чином, важливо не лише виявити генетичний потенціал молодняку м'ясного напрямку, але й визначити оптимальні умови годівлі, що дозволяють найбільш повно розкрити спадкові задатки тварин. Крім того, необхідно вивчити їх господарську цінність у виробничих умовах, що потребує оптимізації практики годівлі в регіоні Покуття.

Ціллю наших досліджень було довести та обґрунтувати вплив концентрації обмінної енергії в сухій речовині кормів, а також структури раціонів у різні фізіологічні періоди вирощування бугайців нової популяції м'ясного сименталу на їх продуктивність за середнього рівня годівлі. Цей аспект потребує детального вивчення в умовах даного регіону Карпат [7, с. 193; 8, с. 19; 17, с. 232].

Постановка завдання. Тому нашою метою – вплив рецептів раціонів на продуктивність бугайців симентальської породи нового типу в регіоні Покуття.

Для досягнення поставленої мети було визначено такі завдання:

- Дослідити закономірності споживання обмінної енергії та сухої речовини на 100 кг живої маси бугайців у віковій динаміці.
- Вивчити концентрацію обмінної енергії та структуру раціонів за періодами вирощування.
- Оцінити вплив різної концентрації обмінної енергії в сухій речовині кормів на забійні показники, м'ясну продуктивність та якість яловичини піддослідних тварин.

Матеріали і методи досліджень. Науково-господарський дослід проводився в базовому ПФГ “Поточище” с. Поточище Коломийського району Івано-Франківської області, в цеху виробництва яловичини. Дослідження охоплювали чотири групи бугайців нової популяції буковинського зонального типу м'ясного комолого сименталу (по 15 голів у кожній), із середньою живою масою 110–116 кг на початок дослідів (у 4-місячному віці). Тварин вирощували до 20-місячного віку згідно з розробленою нижче схемою.

Годівля тварин була дворазовою, утримання – прив'язним. Корми роздавали кормороздавачем КТУ-10. Концентровані корми згодовували у зволоженому стані. Раціони були збалансовані за нормами годівлі з урахуванням живої маси та цільових середньодобових приростів 800 г [4, с. 616; 13, с. 60; 16, с. 73]. Облік спожитих кормів здійснювали груповим методом шляхом зважування заданих порцій та їх залишків. Ріст бугайців вираховували за результатами щомісячного зважування. Вели груповий облік спожитих кормів шляхом зважування заданих і їх залишків.

Схема науково-господарського дослідів

Групи	Кількість голів	Особливості годівлі бугайців в основний період дослідів	
		Влітку	Взимку
Контрольна	15	Основний раціон (ОР):зелена маса – 70%, концкорми – 30%	Основний раціон (ОР): солома подрібнена, сінаж, сироватка, кукурудзяний силос
I– дослідна	15	(ОР): 50% – зеленої маси + 20% – кукурудзяного силосу + 30% – концкормів	ОР + кукурудзяний силос – 20% за поживністю
II–дослідна	15	(ОР): 50% – зеленої маси + 20% – сінажу + 30% – концкормів	ОР + сінаж – 20% за поживністю
III–дослідна	15	(ОР): 50% – зеленої маси + 10% – кукурудзяного силосу + 10% – сінажу + 30% – концкормів	ОР + 10% силосу, кукурудзяного + 10% сінажу за поживністю

Кожний період дослідів починали та закінчували індивідуальним зважуванням тварин [1, с. 78; 11, с. 60]. Контроль за інтенсивністю росту тварин здійснювали шляхом індивідуального зважування на початку вигону на пасовища та в кінці облікового періоду досліджень. У підготовчому та заключному періодах бугайці утримувались на раціоні, прийнятому в господарстві. Потребу в обмінній енергії розраховували на основі оцінки фактичної поживності кормів з урахуванням концентрації доступної для обміну енергії в 1 кг сухої речовини корму. Матеріали досліджень опрацьовано методом варіаційної статистики з використанням ПК, описаних у [1, с. 78; 11, с. 60].

Виклад основного матеріалу досліджень. Жива маса є одним з ключових показників продуктивності, що характеризує стан здоров'я та розвиток тварин, оскільки об'єднує конституціональні та спадково зумовлені якості жуйних тварин нової популяції, яких розводять у регіоні Покуття.

За рахунок використання кормів було отримано такі результати (табл. 1).

Аналіз наших даних (табл. 1) свідчить, що протягом 151 дня першого зимового періоду дослідів добові прирости тварин контрольної групи становили 589 г, що на 33 г (5,6%) та на 86 г (14,6%) менше порівняно з бугайцями-ровесниками I та II дослідних груп, у раціони яких окремо входили кукурудзяний силос та сінаж. Отримані результати показали, що введення до розробленого раціону бугайців III дослідної групи сінажу (10%) та кукурудзяного силосу (10%) за поживністю сприяло зростанню добових приростів до 755 г, що на 166 г (або на 28%) більше за ровесників контрольної групи. При цьому витрати на 1 кг приросту становили 7,1 к. од., що на 2,1 кормової одиниці менше, ніж у тварин контрольної групи. За весь перший зимовий період дослідів на кожну голову цієї групи було отримано додатково по 22 кг приросту в регіоні Покуття. Отже, згодовування тваринам до 6-місячного віку сінажу та кукурудзяного силосу в зимовий період сприяло стабільному підвищенню добових приростів до 755 г, за менших витрат корму на 2,1 кормової одиниці порівняно з контролем. Виявлено, що протягом 123 днів на літніх раціонах з комбінованим типом годівлі, що включав корми зі сховищ та зелені корми в кількості 50% за поживністю, інтенсивність росту бугайців II та III дослідних груп становила 707 г та 732 г відповідно, що на 1,1% та 4,7% більше, ніж в аналогів контролю. На 1 кг приросту в III дослідній групі затрачено 9,8 к. од., що на 0,5 к. од. нижче, ніж у контролі.

За весь I - зимовий період дослідів на кожну голову цієї групи отримано додатково по 22 кг приросту в регіоні Покуття. Отже, з годування тваринам до 6-місячного віку сінажу і кукурудзяного силосу в зимовий період сприяв стабільному підвищенню добових приростів 755 г, при оплаті корму продукцією на 2,1 кормових одиниць менше, порівняно з контролем. Було виявлено, що протягом 123 днів на літніх рецептах раціонах з комбінованим типом годівлі з використанням кормів зі сховищ та зелених кормів в кількості 50% за поживністю енергія росту бугайців II і III дослідних груп, склали 707 г і 732 г, що на (1,1% і 4,7%) більше до аналогів контролю. На 1 кг приросту в III дослідній групі затрачено по 9,8 к. од., що нижче на 0,5 к. од. і за контролем.

Важливим напрямом досліджень зазначеного періоду було вивчення, що на раціонах другого зимового періоду (протягом 179 днів) добові прирости бугайців у III дослідній групі становили 732 г, що на 6,0% вище за ровесників контрольної групи. При цьому витрати корму на 1 кг приросту становили 11,6 кормових одиниць, що на 0,8 кормові одиниці менше, ніж у тварин, раціони яких включали корми, прийняті в даному базовому господарстві. Аналіз експериментальних

даних свідчить, що за весь період досліджень (протягом 454 днів) підвищена інтенсивність росту бугайців зберігалася в III дослідній групі, яка становила 731 г, що на 73 г (11,6%) більше за контроль. Витрати корму при цьому склали 8,9 к. од., що на 0,8 к. од. менше, ніж у I дослідній групі.

Таблиця 1

Інтенсивність росту бугайців, ($M \pm m$, $n=15$)

Показники	Дослідні групи тварин			
	Контрольна	I – Дослідна	II – Дослідна	III – Дослідна
Кількість тварин, гол.	15	15	15	15
Жива маса, кг:				
– на початку дослідів	112±1,3	111±1,2	115±1,0	116±1,0
– на кінець періоду	201±1,3	204±1,9	218±1,9	227±3,2
Приріст:				
– загальний, кг	89±23,9	94±1,5	103±1,9	111±3,3
– середньодобовий, г	589±15,8	622±9,9	675±13,1	755±22,1
– те ж, % до контролю	100	103,6	114,6	128,18
Критерій вірогідності, P	-	-	P>0,01	P>0,001
Витрати на 1кг приросту, кормових одиниць	9,2	8,7	8,0	7,1
Жива маса на кінець I літнього періоду	287±1,2	292±2,2	305±2,3	317±2,6
Приріст:				
– загальний, кг	87±1,2	86±1,7	87±2,6	90±1,6
– середньодобовий, г	696±9,64	699±13,3	707±21,4	732±13,9
– те ж, % до контролю	100	101	101,1	104,7
Витрати на 1кг приросту кормових одиниць, кг	103,	10,3	10,2	9,8
Жива маса на кінець II зимового періоду	411±1,6	419±2,3	431±1,9	448±2,1
Приріст:				
– загальний, кг	124±1,4	128±1,7	124±2,2	131±2,5
– середньодобовий, г	693±6,9	715±8,3	704±6,1	732±13,2
– те ж, % до контролю	100	103,2	101,6	106
Витрати на 1кг приросту кормових одиниць, кг	12,4	11,7	12,0	11,6
Приріст за весь дослідний період:				
– загальний, кг	299±2,2	308±1,8	316±2,5	332±2,1
– середньодобовий, г	658±15,2	678±12,5	696±10,3	731±13,3
– те ж, % до контролю	100	103,0	105,8	111,1
Критерій вірогідності, P	-	-	-	P>0,001
Витрати на 1кг приросту корм. один., кг	9,7	9,4	9,0	8,9

Уперше проведеними дослідженнями було визначено основні показники концентрації обмінної енергії, фактичного споживання енергії та сухої речовини на 100 кг живої маси бугайців за періодами дослідів (табл.2).

Таблиця 2
Концентрація обмінної енергії та сухої речовини на 100 кг живої маси бугайців

ГРУПА	Період	Тривалість періоду, дні	Приріст за період росту, кг	Концентрація обмінної енергії в 1 кг сухої речовини, МДж	Витрати на 1 кг приросту		Споживання на 100 кг живої маси	
					Обмінної енергії, МДж	Корм. одиниць	Обмінної енергії, МДж	Сухої речовини, г
Контрольна	Перший зимовий	151	89	9,2	105,6	9,2	30,8	3,36
I-дослідна			93	9,6	103,9	10,8	31,2	3,25
II-дослідна			103	9,23	89,5	9,6	27,8	3,01
III-дослідна			111	9,4	83,4	8,9	26,8	2,86
Контрольна	Перший літній	123	87	8,8	101,0	10,3	24,5	2,79
I-дослідна			86	8,5	96,9	10,3	23,4	2,76
II-дослідна			87	8,3	104,5	10,2	24,2	2,92
III-дослідна			90	8,6	102,1	9,8	23,6	2,27
Контрольна	Другий зимовий	179	124	10,2	131,3	12,3	22,1	2,16
I-дослідна			128	10,1	124,5	11,7	22,2	2,10
II-дослідна			124	9,6	128,7	12,1	21,3	2,20
III-дослідна			131	9,1	121,5	11,6	19,8	2,19

У подальших дослідженнях встановлено, що витрати обмінної енергії на 1 кг приросту живої маси у бугайців III дослідної групи становили 121,5 МДж, а витрати к. од. – 11,6 кг, що на 0,7 к. од. менше, ніж у контролі. Концентрація доступної для обміну енергії в 1 кг сухої речовини при цьому складала 9,1 МДж

Отримані дані свідчать, що за результатами нашого аналізу спостерігається загальна вікова закономірність: зменшення споживання сухої речовини та обмінної енергії на 100 кг живої маси. Однак, підвищення концентрації енергії від 8,6 до 9,1 МДж/кг сухої речовини у молочний період вирощування сприяло зменшенню споживання сухої речовини на 100 кг живої маси. При цьому завдяки вищій концентрації загальне добове споживання на голову не зменшувалося, а було дещо більшим у бугайців контрольної та I дослідних груп.

Результати наших дослідів показують, що витрати 121,5 МДж обмінної енергії на 1 кг приросту, споживання 2,19 кг сухої речовини на 100 кг живої маси, а також концентрація обмінної енергії 9,1 МДж в 1 кг сухої речовини у вівчаків бугайців III дослідної групи сприяли отриманню найвищих добових приростів – 731 г за повний цикл вирощування (від народження до 20 місяців) з досягненням кінцевої живої маси 445 кг. Це свідчить про дуже високий генетичний потенціал м'ясної продуктивності створеної нової генерації симентальської м'ясної худоби для регіону Покуття.

Враховуючи таку біологічну закономірність, виникає потреба створити необхідні фізіологічні умови для максимальної перетравності та засвоєння поживних речовин і енергії кормів. Це дозволить компенсувати зменшення споживання енергії на одиницю маси тіла та, таким чином, забезпечити високу інтенсивність росту бугайців даної м'ясної худоби, яка вирощується в зоні Карпат.

У проведених дослідженнях вивчено раціональне використання м'ясними бугайцями енергії та протеїну кормів на 1 кг приросту живої маси й забійної маси, що представлено в таблиці 3.

За даними (табл. 3) встановлено, що в бугайців III дослідної групи на 1 кг приросту живої маси витрачено: обмінної енергії 96,8 МДж, сухої речовини – 9,0 кг, корм. од. – 8,9 кг, перетравного протеїну – 890 г, концентрованих кормів – 1,3 кг. Це відповідно на 0,3 МДж, 1,6 кг, 0,8 к. од., 107 г та 1,1 кг менше, ніж у контролі.

Таблиця 3

Витрати речовин на 1 кг приросту живої маси бугайців

ПОКАЗНИКИ	Групи			
	Контрольна	I-дослідна	II- дослідна	III- дослідна
На 1 кг приросту живої маси				
Обмінна енергія, МДж	96,9	105,1	107,6	96,8
Сухі речовини, кг	10,6	10,0	9,5	9,0
Кормові одиниці, кг	9,7	9,4	9,0	8,9
Перетравний протеїн, г	997	970	955	890
Концкормів, кг	2,4	1,7	1,4	1,3
На 1 кг забійної маси				
Обмінна енергія, МДж	165	170	174	158
Сухі речовини, кг	16,9	16,2	15,3	14,7
Кормові одиниці, кг	15,5	15,3	14,6	14,5
Перетравний протеїн, г	1596	1570	1542	1453
Концкормів, кг	3,8	2,7	2,2	2,1
На 1 кг м'якоті туш				
Обмінна енергія, МДж	86,3	84,3	84,8	78,4
Сухі речовини, кг	8,5	8,4	7,5	7,3
Кормові одиниці, кг	8,1	7,6	7,1	7,2
Перетравний протеїн, г	834	779	753	722
Концкормів, кг	2,0	1,3	1,1	1,1

Дослідженнями встановлено, що на 1 кг забійної маси бугайці, яким у раціоні тривало згодовували кукурудзяний силос та сінаж (по 10% за поживністю), витрачали обмінної енергії 158 МДж (на 9,5% менше), сухої речовини 14,7 кг (на 8,7% менше), к. од. 14,5 (на 9,3% менше), перетравного протеїну 1453 г (на 9,1% менше) та концентрованих кормів 2,1 кг (на 5,5% менше) порівняно з ровесниками контрольної групи, які вирощувалися в регіоні Покуття.

Для вивчення м'ясної продуктивності при досягненні живої маси 450 кг було проведено контрольний забій бугайців на м'ясокомбінаті у 20-місячному віці (по 4 голови з кожної групи, (табл. 4).

Як видно з наведених даних (табл. 4), забійний вихід у тварин III дослідної групи становив 53,4%, що на 1,8% більше, ніж у контролі.

Таблиця 4

Результати контрольного забою піддослідних бугайців ($M \pm m$, $n \pm 4$)

ПОКАЗНИКИ	Групи тварин			
	Контрольна	I – дослідна	II – дослідна	III- дослідна
Кількість тварин, гол.	4	4	4	4
Перед забійна жива маса, кг	426 $\pm$ 1,25	425 $\pm$ 2,04	429 $\pm$ 2,4	440 $\pm$ 2,0
Маса парної туші, кг	209 $\pm$ 4,3	218 $\pm$ 2,6	221 $\pm$ 1,94	228 $\pm$ 3,4
Вихід туші, %	49,1	51,3	51,5	51,8
Маса внутрішнього жиру, кг	5,9 $\pm$ 2,3	6,1 $\pm$ 0,2	6,1 $\pm$ 0,3	7,3 $\pm$ 1,0
Забійна маса, кг	220 $\pm$ 5,5	223 $\pm$ 2,2	229 $\pm$ 1,9	235 $\pm$ 2,2
Забійний вихід, %	51,6	52,5	53,3	53,4

Маса парної туші також була більшою на 19 кг, ніж у контрольній групі, в регіоні Покуття. За забійною масою бугайці III дослідної групи на 15 кг ($P < 0,05$) переважали тварин контрольної групи, а за виходом туші – на 2,7%. Маса внутрішнього жиру в бугайців III дослідної групи становила 7,3 кг, що на 1,4 кг (23,7%) більше, ніж у ровесників контрольної групи в регіоні Покуття.

Встановлено, що бугайці III дослідної групи характеризуються вищими забійними показниками (забійний вихід 53,4%, вихід туші 51,3%, забійна маса 235 кг, маса парної туші – 228 кг) порівняно з тваринами контрольної та I дослідних груп.

Виходячи з наведених даних, можна стверджувати, що в роботі висвітлено результати досліджень щодо якості м'ясної продукції та морфологічного складу обвалки туш бугайців за схемою ковбасного виробництва (табл. 5).

Аналіз даних (табл. 5) показує, що бугайці III дослідної групи за виходом м'язової тканини (90,2 кг) переважали контрольну групу на 11,6 кг, а I та II дослідні групи – на 6,3 кг м'яса. У роботі наведені результати досліджень (табл. 5) щодо виходу на 100 кг перед забійної маси м'якоті, сухожилків і кісток. Достовірної різниці між групами не спостерігалось, проте в бугайців III дослідної групи м'якоті було більше на 2,1 кг (11,4%) порівняно з контролем.

При проведенні контрольного забою було встановлено масу внутрішніх органів піддослідних тварин (табл. 6)."

Як видно з наведених даних (табл. 6), за масою легень, печінки, серця, нирок, селезінки суттєвої різниці між групами тварин не спостерігалось. Маса всіх органів перебувала в межах фізіологічної норми, яка залежала лише від перед забійної маси бугаїв, вирощуваних у регіоні Покуття. Однак маса печінки в бугайців III дослідної групи становила 6,1 кг, що на 0,45 кг (перевірте одиницю вимірювання, ймовірно, кг, а не г) більше, ніж у ровесників контрольної групи. Однак, маса печінки в бугайців III - дослідної групи становила 6,1 кг, що на 0,45 г більше за ровесників контрольної групи.

За 4 години до забою було взято кров у дослідних тварин. Результати біохімічного аналізу крові бугайців наведені в таблиці 7.

Результати проведених досліджень (табл. 7), які вказують на те, що включення до раціону III дослідної групи 10% силосу та 10% сінажу (як у літній, так і в зимовий періоди) підвищувало в крові кількість еритроцитів на 0,24 млн./млЗ, гемоглобіну на 0,32 г/% та загального білка в сироватці – на 0,32%. Також спостерігався вищий лужний резерв та вміст каротину (на 26 мкг/100 мл або 0,026 мг/100 мл, або дивіться одиниці в таблиці). За рештою показників крові окремих тварин різниці не було помічено при вирощуванні в регіоні Покуття.

Таблиця 5

Морфологічний склад туш бугайців, ($M \pm m$, $n=4$)

ПОКАЗНИКИ	Групи			
	Контрольна	I -дослідна	II- дослідна	III -дослідна
Маса охолод. туші, кг	103,2 $\pm$ 2,0	109, $\pm$ 1,8	113,5 $\pm$ 1,2	114,8 $\pm$ 1,7
М'якоті: кг %	78,6 $\pm$ 1,8 75,6	84,5 $\pm$ 1,5 76,9	88,3 $\pm$ 1,7 77,8	90,2 $\pm$ 1,9 78,6
Жиру: кг %	2,3 $\pm$ 0,15 2,2	2,4 $\pm$ 0,23 2,2	2,6 $\pm$ 0,09 2,3	2,5 $\pm$ 0,25 2,2
Кісток: кг %	21,1 $\pm$ 0,57 20,3	21,2 $\pm$ 0,36 19,3	20,6 $\pm$ 0,54 18,1	20,3 $\pm$ 0,5 17,7
Сухожилків: кг %	1,95 $\pm$ 0,49 1,9	1,82 $\pm$ 0,08 1,6	1,92 $\pm$ 0,54 1,7	1,75 $\pm$ 0,7 1,5
Індекс м'ясності	3,7	3,9	4,1	4,1
Вихід на 100 кг перед забійної маси: – м'якоті, кг – кісток, кг – сухожилків, кг	18,4 4,9 0,41	19,9 4,98 0,43	20,6 4,8 0,45	20,5 4,6 0,39
Вихід м'якоті на 1 кг кісток	2,6 $\pm$ 0,07	2,5 $\pm$ 0,08	2,3 $\pm$ 0,08	2,2 $\pm$ 0,06

Таблиця 6

Абсолютна маса і індекс внутрішніх органів бугайців, кг ($M \pm m$)

ОРГАН	Групи							
	Контрольна	%	I- дослідна	%	II- дослідна	%	III- дослідна	%
Легені	3,75 $\pm$ 0,2	0,88	3,39 $\pm$ 0,8	0,79	3,9 $\pm$ 0,9	0,90	4,8, $\pm$ 05	0,11
Печінка	5,65 $\pm$ 1,5	1,3	5,90 $\pm$ 0,4	1,4	5,8 $\pm$ 0,5	1,3	6,1 $\pm$ 0,8	1,4
Серце	1,62 $\pm$ 0,2	0,38	1,9 $\pm$ 0,005	0,44	1,5 $\pm$ 0,2	0,35	1,8 $\pm$ 0,2	0,41
Нирки	1,2 $\pm$ 0,04	0,28	1,3 $\pm$ 0,05	0,30	1,32 $\pm$ 0,03	0,34	1,12 $\pm$ 0,14	0,2
Селезінка	0,72 $\pm$ 0,07	0,16	0,82 $\pm$ 0,09	0,19	0,66 $\pm$ 0,2	0,15	0,01 $\pm$ 0,9	0,22

Таблиця 7

Результати досліджень крові в бугайців ($M \pm m$, $n=4$)

ПОКАЗНИК	Групи			
	Контрольна	I-дослідна	II- дослідна	III- дослідна
Загальний білок, %	7,76 $\pm$ 0,13	7,85 $\pm$ 0,14	8,00 $\pm$ 0,17	8,08 $\pm$ 0,08
Еритроцити, млн./мл ³	4,81 $\pm$ 0,11	4,85 $\pm$ 0,14	5,01 $\pm$ 0,07	5,05 $\pm$ 0,15
Гемоглобін, г%	8,70 $\pm$ 0,07	8,75 $\pm$ 0,9	8,90 $\pm$ 0,12	9,10 $\pm$ 0,09
Цукор, мг%	58,15 $\pm$ 0,70	60,87 $\pm$ 0,90	59,90 $\pm$ 0,12	60,0 $\pm$ 0,60
Лужний резерв, мг%	486 $\pm$ 7,4	492 $\pm$ 10,1	496 $\pm$ 7,4	512 $\pm$ 5,0
Сечовина, мг/л	2,42 $\pm$ 0,07	2,4 $\pm$ 0,11	2,63 $\pm$ 0,13	2,70 $\pm$ 0,10
Кальцій, мг%	12,1 $\pm$ 0,20	12,0 $\pm$ 0,09	12,0 $\pm$ 0,10	12,1 $\pm$ 0,09
Фосфор, мг%	8,3 $\pm$ 0,30	8,5 $\pm$ 0,68	8,6 $\pm$ 0,46	8,7 $\pm$ 0,20
Каротин, мг%	0,260 $\pm$ 0,030	0,260 $\pm$ 0,026	0,286 $\pm$ 0,015	0,304 $\pm$ 0,006

Висновки. Застосування в раціонах бугайців нової популяції буковинського зонального типу м'ясного комолого сименталу суміші сінажу та кукурудзяного силосу (по 10% за поживністю) в умовах регіону Покуття забезпечує середньодобові прирости до 755 г. Використання зазначених кормів сприяє зниженню витрат кормів до 8,9 кормових

одиниць на 1 кг приросту живої маси. Оптимальною концентрацією обмінної енергії в 1 кг сухої речовини для даного типу годівлі можна вважати 9,1 МДж у середньому за повний цикл вирощування при середньому рівні годівлі. Включення до раціонів молодняку м'ясних сименталів нової популяції комбінації кукурудзяного силосу (10%) та сінажу (10%) за поживністю підвищує вихід парної туші на 2,7%, її масу на 19 кг (9,1%), забійний вихід на 1,8% та виходу м'язової тканини на 11,6 кг (14,7%) від ровесників контрольної групи, що й було нами досліджено в регіоні Покуття.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Бабич А.О. Методика проведення дослідів з кормо виробництва і годівлі тварин. К.: *Аграрна наука*, 1998. 78 с.
2. Власова К. А. Ріст і розвиток помісних телиць при різному рівні годівлі. Молочно-м'ясне скотарство: *Респ. Між від. тем. наук. зб.* М-во с.- г. УРСР НДІ тваринництва Лісостепу і Полісся УРСР. К.: Урожай, 1979. Вип.50. С. 52-56.
3. Глотова Г.А. Вплив рівня годівлі на інтенсивність росту ремонтних телиць м'ясних порід у період після відлучення. *Молочно-м'ясне скотарство: респ. Міжв. Тем. Наук. зб. М-во с.-г. УРСР. НДІ і тваринництва Лісостепу і Полісся УРСР.* К.: Урожай, 1979. Вип.49. С. 45-50.
4. Ібатулін І. І., Мельничук Д. О., Богданов Г. О. Годівля сільськогосподарських тварин. Підручник. Вінниця: Нова Книга, 2007. 616с.
5. Козир В.С. формування м'ясної продуктивності великої рогатої худоби. К.: *Урожай*, 1992. 126 с.
6. Калинка А.К., Лесик О.Б., Корх І.В., Корник О.В. Оптимізація вирощування бугайців різних порід і їх помісей при середньому рівні годівлі в умовах зони Карпат. *Таврійський науковий вісник.* № 131. С. 271–279.
7. Калинка А.К., Лесик О.Б., Томаш Л.В. М'ясна продуктивність і відгодівельні якості нової популяції бугайців різних буковинського зонального типу м'ясного комолого сименталу худоби в умовах Карпатського регіону Буковини. *Таврійський науковий вісник.* № 129. 2023. С. 189–198.
8. Калинка А.К., Шпак Л.В. Вирощування бугайців різних генотипів на підсисі в умовах передгірської зони Карпатського регіону Буковини *Науковий журнал «Молодий вчений».* № 4. (116) 2023. С. 17–23.
9. Калинка А.К., Шпак Л.В., Корх І.В. Годівля бугайців різних порід і їх помісей на середніх рецептах раціонів в умовах регіону Покуття. *Науковий журнал «Молодий вчений»* № 3 (115). 2023. С. 44–51.
10. Калинка А.К. Присвячено 25 річчю розведення буковинського зонального типу м'ясного комолого сименталу на Буковині. *Аграрний вісник Буковини.* під редак. А.К. Калинки. Вінниця Тов «Ніла-ЛТД». 2025. 327 с.
11. Методичні основи досліджень по технології м'ясного скотарства. Прудніков В. Т. та ін. Методичні рекомендації. Харків: ІТ УААН, 1998. 60 с.
12. Нацюк М.Н., Приходько М.В. Вплив різного рівня годівлі на м'ясну продуктивність бичків. М'ясо-молочне скотарство. К.: *Урожай*, 1995. Вип.87. С.93-98.
13. Норми і раціони годівлі молодняку великої рогатої худоби м'ясних порід та типів. Цвігун А.Т., Повозніков М.Т., Блюсюк С.М., Кураш В.Г., Зубець М.В., Богданов Г.О. та ін. 60 с.
14. Новини науки: до 20-річчя галузі м'ясного скотарства на Буковині. *Зб. наук. праць «ЛОГОС» за матеріалами наук.-практ. конф. (16 грудня 2019 р. м. Чернівці).* м. Чернівці, під науковою редакцією Калинки А.К. ГО «Європейська наукова платформа». 2019. 226 с.
15. Новини науки: до 20-річчя розведення нової популяції м'ясного сименталу на Буковині. *Зб. наук. праць «ЛОГОС» за матеріалами міжнар. наук.-практ. конф. (10 серпня, 2019 р. м. Чернівці).* Чернівці. Під науковою редакцією А.К. Калинка. ГО «Європейська наукова платформа». 2019. 110 с.
16. Організація нормованої годівлі великої рогатої худоби м'ясних порід та типів. Цвігун А.Т., Повозніков М.Т., Блюсюк С.М., Мельник Ю.Ф. та ін. (Рекомендації). К., 1999. 73 с.
17. Присвячено 25-річчю розведення буковинського зонального типу м'ясного комолого сименталу на Буковині (1999-2024 рр.). *Аграрний вісник Буковини.* Під редакцією Калинки А.К., Вінниця «Нілан – ЛТД» 2024. Випуск 1. Том 1. 232 с.

УДК 636.2.034.082.064.6

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.144.36>

ВПЛИВ РОКУ ТА МІСЯЦЯ ОТЕЛЕННЯ, КІЛЬКОСТІ ОСІМЕНІНЬ НА ВІДТВОРЮВАЛЬНІ ЯКОСТІ КОРІВ-ПЕРВІСТОК ГОЛШТИНСЬКОЇ ПОРОДИ

Люта І.М. – асистентка кафедри біотехнології та біоінженерії,
Миколаївський національний аграрний університет
orcid.org/0000-0002-1672-2337

У роботі досліджено вплив року та місяця отелення, а також кількості осіменінь на відтворювальні показники корів-первісток голштинської породи. Для дослідження було використано первинні дані корів господарства СТОВ «Промінь» (Миколаївська область, $n = 634$ гол.).

У дослідженні встановлено статистично значущий вплив року отелення для тривалості тільності ($P < 0,001$) та для віку отелення ($P < 0,001$). Найкоротша тривалість тільності спостерігалась у нетелей 2022 року отелення – $270,4 \pm 1,74$ днів, тоді як максимальна тривалість (по $278,1 \pm 1,06$ днів) зафіксована у нетелей, що отелились у 2015 та 2017 роках ($P < 0,05$). Найменший вік при отеленні мали нетелі 2022 року – у $651,7 \pm 9,91$ днів, а найбільший – нетелі 2015 року ($748,4 \pm 14,92$ днів). Загальна тенденція свідчить про щорічне зменшення середнього віку нетелей при першому отеленні, що вказує на позитивну динаміку удосконалення системи відтворення в господарстві.

Аналіз результатів дослідження показав, що місяць отелення має статистично значущий вплив на тривалість тільності ($P < 0,001$), тоді як на вік першого отелення такого впливу не виявлено ($P = 0,196$). Найдовша тривалість тільності спостерігалась у нетелей, які отелились у листопаді – $277,4 \pm 0,48$ днів, найкоротша – у травні ($272,0 \pm 0,71$ днів) ($P < 0,05$). Водночас, хоча загальний вплив місяця отелення на вік першого отелення не був статистично достовірним, окремі значення вказують на суттєві відмінності між нетелями, отелення яких відбулося у березні ($696,0 \pm 9,08$ днів), травні ($693,4 \pm 8,95$ днів), липні ($674,3 \pm 6,85$ днів) та серпні ($668,5 \pm 5,45$ днів).

Отримані результати засвідчили, що кількість осіменінь статистично достовірно впливає на вік нетелей при першому заплідненні ($P < 0,001$) та на вік першого отелення ($P < 0,001$), але не має значущого впливу на тривалість тільності ($P = 0,586$). Наймолодші первістки, яких запліднено з першої спроби, мали вік $384,0 \pm 1,13$ днів при заплідненні та $658,2 \pm 1,24$ днів при першому отеленні. Найстарші – первістки, яким проводили шість осіменінь: $565,2 \pm 40,54$ днів при заплідненні та $840,2 \pm 43,11$ днів при отеленні. Незважаючи на збільшення кількості осіменінь, тривалість тільності залишалася стабільною у межах $274,0$ – $275,8$ днів, без достовірних відмінностей між групами.

Отримані результати досліджень вказують на те, що існує статистично достовірний зв'язок між кількістю осіменінь і проявом абортів ($P = 0,021$). Зі збільшенням кількості осіменінь зростала ймовірність абортів: від $2,5 \pm 0,83\%$ у нетелей, запліднених з першої спроби, до $16,7 \pm 10,76\%$ у нетелей, які були запліднені після п'ятого осіменіння.

Натомість вплив кількості осіменінь на випадки мертвонародження виявився статистично недостовірним ($P = 0,42$). Найвищу частоту мертвонароджень відмічено серед корів-первісток, які запліднювалися двічі ($8,4 \pm 2,42\%$), тоді як у групах з чотирма і більше осіменіннями цей показник був незначним або зовсім відсутнім.

Отримані результати підкреслюють доцільність урахування року та сезону отелення, кількості осіменінь як додаткових чинників у системі управління репродуктивними процесами та селекційною роботою, спрямованою на реалізацію генетичного потенціалу тварин у племінних стадах голштинської породи в умовах південного регіону України.

Ключові слова: корови-первістки, вік першого осіменіння, тільність, рік та місяць отелення, вік першого отелення.

Liuta I. Influence of year and month of calving, and number of inseminations on the reproductive traits of primiparous holstein cows

The study investigated the influence of the year and month of calving, as well as the number of inseminations, on the reproductive performance of primiparous holstein cows. The research

was based on primary data from cows at the agricultural enterprise STOV «Promin» (Mykolaiv region, $n = 634$ animals).

The study revealed a statistically significant effect of the year of calving on both the gestation length ($P < 0.001$) and the age at first calving ($P < 0.001$). The shortest gestation period was observed in heifers that calved in 2022 – 270.4 ± 1.74 days, while the longest (278.1 ± 1.06 days) was recorded in those that calved in 2015 and 2017 ($P < 0.05$). The youngest age at calving was found in 2022-born heifers – 651.7 ± 9.91 days, and the oldest – in 2015-born heifers (748.4 ± 14.92 days). In general, there was a clear trend of decreasing average age at first calving over the years, indicating a positive dynamic in improving the reproductive system at the farm.

The analysis also showed that the month of calving had a statistically significant influence on gestation length ($P < 0.001$), but not on the age at first calving ($P = 0.196$). The longest gestation was recorded in heifers that calved in November – 277.4 ± 0.48 days, and the shortest – in May (272.0 ± 0.71 days) ($P < 0.05$). While the overall effect of calving month on the age at first calving was not statistically significant, individual values showed notable differences, such as for heifers calving in March (696.0 ± 9.08 days), May (693.4 ± 8.95 days), July (674.3 ± 6.85 days), and August (668.5 ± 5.45 days).

The results further confirmed that the number of inseminations had a statistically significant effect on the age at first successful insemination ($P < 0.001$) and age at first calving ($P < 0.001$), but not on gestation length ($P = 0.586$). The youngest animals successfully inseminated on the first attempt had an average age of 384.0 ± 1.13 days at conception and 658.2 ± 1.24 days at first calving. In contrast, cows requiring six inseminations had much higher ages – 565.2 ± 40.54 days at conception and 840.2 ± 43.11 days at calving. Despite the increasing number of inseminations, the gestation length remained stable within the range of 274.0–275.8 days, with no significant differences between groups.

The study also showed a statistically significant relationship between the number of inseminations and the occurrence of abortions ($P = 0.021$). As the number of inseminations increased, so did the likelihood of abortion – from $2.5 \pm 0.83\%$ in heifers successfully inseminated on the first attempt to $16.7 \pm 10.76\%$ in those inseminated more than five times.

On the other hand, the influence of the number of inseminations on stillbirths was found to be statistically insignificant ($P = 0.42$). The highest rate of stillbirths was recorded among first-calf cows inseminated twice ($8.4 \pm 2.42\%$), while in the groups with four or more inseminations, the incidence was negligible or entirely absent.

The obtained results highlight the importance of considering the year and season of calving, as well as the number of inseminations, as additional factors in reproductive management and breeding strategies aimed at maximizing the genetic potential of Holstein cattle in breeding herds under the conditions of the southern region of Ukraine.

Key words: *primiparous cows, age at first insemination, gestation, year and month of calving, age at first calving.*

Актуальність теми дослідження. Станом на сьогодні питання ефективного відтворення великої рогатої худоби набуває все більшої актуальності. Регулярні отелення є ключовим чинником забезпечення рентабельності молочного виробництва, а щорічне отримання приплоду створює умови для активної селекційно-плеємної роботи та сприяє розширеному відтворенню стада. Оптимізація репродуктивних показників тварин дозволяє повніше реалізовувати їх генетичний потенціал у напрямі підвищення молочної продуктивності [5, 14, 28]. Водночас, покращення генетичних тенденцій у породах є запорукою зростання продуктивності, поліпшення здоров'я й підвищення репродуктивної здатності дійного поголів'я в перспективі [9, 25, 29, 46].

Ефективність функціонування молочного скотарства в значній мірі визначається рівнем інтенсивності відтворення стада. Цей фактор має суттєвий вплив як на обсяги виробництва молока, так і на динаміку генетичного покращення селекційних ознак, а також забезпечує до 15–20% рентабельності галузі. Добре відомо, що з підвищенням генетичного потенціалу та продуктивності великої рогатої худоби, зазвичай зростає ймовірність виникнення проблем із репродуктивною функцією у корів [2, 4, 6–8, 13].

Відтворювальна здатність молочної та комбінованої худоби є складним селекційним процесом, у якому взаємодіють біологічні, генетичні, технологічні й організаційно-економічні чинники [19]. Усі показники, що формують репродуктивну

функцію, як частину морфологічної системи, перебувають у тісному взаємозв'язку [12, 16, 17].

Репродуктивна система та ефективність її функціонування залежать як від спадкових властивостей тварин, так і від паратипових умов. Зокрема, важливе значення має вік початку репродуктивного використання худоби. Зменшення віку першого отелення сприяє скороченню витрат на вирощування корів, забезпечує отримання більшої кількості приплоду у скорочений період, що у підсумку веде до зростання обсягів виробництва молока та м'яса [10, 34, 38, 45, 51].

Рівень ефективності відтворення великої рогатої худоби істотно зумовлюється віком першого осіменіння ремонтних телиць і першого отелення корів-первісток. Встановлено, що ці показники мають значний вплив на продуктивність тварин, а також на прояв ключових селекційних ознак. У зв'язку з цим під час планування та організації відтворної роботи важливо приділяти належну увагу як віковим показникам, так і живій масі тварин у відповідні періоди. Крім того, вік першого отелення має вплив на тривалість продуктивного використання корів у господарстві [11, 22].

На рівень молочної продуктивності корів значний вплив справляють умови їх утримання, зокрема технологічні чинники, а також сезон отелення. Як підтверджено дослідженнями низки вітчизняних і зарубіжних науковців, корови, що отелилися у різні пори року, демонструють відмінності за надоями. Відповідно, спостерігається варіативність і в показниках економічної ефективності молочного виробництва [36, 47-50, 52].

Постановка проблеми. Проблематика відтворення у молочному скотарстві завжди була актуальною, а в сучасних умовах набуває ще більшої практичної та наукової значущості, особливо стосовно високопродуктивних тварин і новостворених порід та типів. Порушення репродуктивної функції призводить до скорочення тривалості господарського використання корів, зниження рівня їхньої молочної продуктивності та, як наслідок, зменшення рентабельності галузі в цілому [13, 30, 31].

У зв'язку з цим численні наукові дослідження спрямовані на визначення оптимальних значень таких відтворювальних показників, як вік першого осіменіння, першого отелення, тривалість сервіс-періоду та міжотельного інтервалу, що у сукупності дозволяють досягти максимальної молочної продуктивності від кожної тварини [13, 23, 26, 27].

Фенотиповий прояв ознак продуктивності, екстер'єру, росту й розвитку ремонтного молодняка значною мірою залежить від норми реакції генотипу на умови зовнішнього середовища. Частка впливу негенетичних (паратипових) чинників у варіації цих ознак залишається вагомим. Одним із таких важливих факторів, що впливає на продуктивність корів, є сезон отелення. Урахування цього чинника дозволяє здійснювати корекцію молочної продуктивності та регулювати прояв інших господарсько важливих ознак [18, 24, 32, 37, 39, 42, 43].

Сезон першого отелення відіграє важливу роль в організації ефективного відтворення стада, головною метою якого є підвищення загальної молочної продуктивності [41]. Досягнення цієї мети можливе за рахунок інтенсивного вирощування молодняка та поступового зміщення масових отелень нетелів із весняно-літнього періоду спочатку на зимово-весняний, а згодом – на осінньо-зимовий [24].

Дослідження показали, що в умовах України корови, які вперше отелилися в осінньо-зимовий період, характеризуються вищим рівнем молочної продуктивності порівняно з ровесницями, отелення яких припадало на весняно-літні місяці [1, 20, 21]. Подібні результати були отримані й в Австрії, де також зафіксовано вищі надой у корів, що отелилися восени та взимку [49]. Аналогічні висновки підтверджують і дані інших науковців [40, 44, 52].

Водночас, ряд дослідників [24, 35] зазначають, що хоча сезон народження та перше отелення і чинять певний вплив на продуктивність та репродуктивну здатність тварин, загалом цей вплив є помірним і не визначальним.

Встановлено що репродуктивна здатність корів визначається низкою чинників, зокрема кількістю осіменінь, інтервалами між ними, рівнем вибракування тварин у стаді та тривалістю відновлення статевої циклічності після отелення. У середньому інтервали між осіменіннями у корів становлять від 42,6 до 117,8 діб, тоді як у телиць – 60,8 доби. Втрати приплоду сягають 7,35-26,14 телят на 100 осіменених корів та 9,30 телят – на 100 осіменених телиць [3, 33].

Постановка завдання. Метою даної роботи було вивчення впливу року та місяця отелення, кількості осіменінь на відтворювальні якості корів-первісток голштинської породи.

Методика досліджень. Для проведення дослідження було використано первинні облікові дані щодо репродуктивних показників корів-первісток голштинської породи, які утримувались у господарстві СТОВ «Промінь» Миколаївської області ($n = 634$ гол.).

У якості незалежної змінної було використано наступні фактори якісної природи:

- рік отелення із 8 градаціями (2015-2022 р.);
- місяць отелення із 12 градаціями (січень, лютий, березень... грудень);
- кількість осіменінь із 6 градаціями.

Досліджували такі ознаки відтворювальних якостей нетелей:

- вік першого запліднення;
- вік першого отелення;
- тривалість тільності.

Крім того, було використано ще дві ознаки, які мали бінарний характер:

- наявність хоча б одного абортів протягом періоду осіменіння, що призвело до отелення;
- наявність мертвонародженого теляти під час першого отелення.

Для кожної кількісної характеристики визначали середнє значення та стандартну похибку ($\bar{X} \pm S_x$), а для якісних ознак – частоту їх прояву у відповідних градаціях із розрахунком статистичної похибки ($P \pm SP$).

Для перевірки гіпотези про відсутність впливу окремих факторів на кількісні залежні ознаки було застосовано однофакторний дисперсійний аналіз за методикою Р. Фішера із фіксованими чинниками. На початковому етапі силу впливу факторів оцінювали через обчислення дисперсійного відношення Фішера-Снедекора (F) та рівня його статистичної значущості (P).

На другому етапі дослідження здійснювали множинне порівняння середніх значень субгруп із використанням *post-hoc* алгоритму та методу найменшої істотної різниці (LSD) за Р. Фішером. Відмінності між парами середніх вважали статистично значущими при $P < 0,05$, і позначали їх різними літерами (a, b, c тощо).

Для оцінки впливу факторів на якісні залежні ознаки застосовували критерій узгодженості χ^2 за Пірсоном.

Статистичні розрахунки здійснювали відповідно до методичних вказівок, поданих у посібнику С. Крамаренка з колективом [15], із використанням програмного забезпечення MS Excel.

Результати досліджень. Під час експерименту було досліджено мінливість показників тривалості тільності нетелей та віку першого отелення залежно від року отелення (табл. 1). Рік отелення нетелей вірогідно впливав на тривалість їх тільності та вік першого отелення (в обох випадках: $P < 0,001$).

Найкоротшою (270,4 днів) була тільність у первісток, які отелилися протягом

2022 року, тоді як найдовше тільність (278,1 днів) тривала у корів, отелення яких відбулося в 2015 та 2017 роках. У той же час були зафіксовані статистично значущі відмінності між середніми оцінками тривалості тільності первісток, які отелилися в 2015, 2017 та 2020, 2022 роках (*post-hoc analysis*; в усіх випадках $P < 0,05$).

Таблиця 1

**Мінливість показників тривалості тільності нетелей
та віку першого отелення залежно від року отелення**

Рік отелення	Тривалість тільності		Вік першого отелення	
	<i>n</i> , гол.	$\bar{X} \pm Sx$, днів	<i>n</i> , гол.	$\bar{X} \pm Sx$, днів
2015	29	278,1 $\pm$ 1,06 ^b	31	748,4 $\pm$ 14,92 ^d
2016	34	275,5 $\pm$ 0,76 ^{dc}	34	721,7 $\pm$ 9,28 ^c
2017	28	278,1 $\pm$ 0,88 ^b	27	721,8 $\pm$ 9,39 ^c
2018	57	276,6 $\pm$ 0,53 ^{bc}	56	676,9 $\pm$ 5,40 ^{ab}
2019	38	273,1 $\pm$ 0,86 ^{ac}	43	685,8 $\pm$ 7,78 ^b
2020	124	271,8 $\pm$ 0,39 ^a	127	671,2 $\pm$ 3,03 ^a
2021	286	274,3 $\pm$ 0,32 ^{cd}	275	667,4 $\pm$ 1,80 ^a
2022	10	270,4 $\pm$ 1,74 ^a	10	651,7 $\pm$ 9,91 ^a
$F = (7; 598) = 12,42, P < 0,001$			$F = (7; 595) = 27,75, P < 0,001$	

Примітка: *n* – кількість тварин; $\bar{X} \pm Sx$, – оцінка середнього арифметичного та її помилки; *F* – оцінка критерію Фішера; *P* – рівень значущості. Вірогідні відмінності між середніми окремих субгруп ($P < 0,05$) на підставі LSD-тесту множинних порівнянь Фішера позначено різними літерами.

Раніше всіх (у 651,7 днів) досягали віку першого отелення нетелі, які отелилися в 2022 році, пізніше всіх (у 748,4 днів) цього віку досягали тварини, що отелилися в 2015 році. Спостерігається тренд до зменшення середньої оцінки віку нетелей при першому отеленні, що також вказує на щорічне удосконалення процесу відтворення в господарстві.

При вивченні мінливості показників тривалості тільності нетелей та віку першого отелення залежно від місяця отелення (табл. 2) було встановлено, що даний фактор вірогідно впливає на тривалість тільності первісток ($P < 0,001$). Найдовшу тривалість тільності (277,4 днів) мали первістки, які отелилися в листопаді, найкоротша тільність (272,0 дні) була зафіксована у тварин, отелення яких відбулося протягом травня.

Таблиця 2

**Мінливість показників тривалості тільності нетелей
та віку першого отелення залежно від місяця отелення**

Місяць отелення	Тривалість тільності		Вік першого отелення	
	<i>n</i> , гол.	$\bar{X} \pm Sx$, днів	<i>n</i> , гол.	$\bar{X} \pm Sx$, днів
Січень	35	272,9 $\pm$ 0,81 ^{abcd}	36	675,7 $\pm$ 9,00 ^{abc}
Лютий	24	273,4 $\pm$ 0,94 ^{abcde}	24	685,1 $\pm$ 12,57 ^{abc}

Березень	50	274,2±0,84 ^{bcd}	51	696,0±9,08 ^c
Квітень	64	274,9±0,68 ^{def}	69	683,2±5,07 ^{abc}
Травень	58	272,0±0,71 ^a	57	693,4±8,95 ^{bc}
Червень	51	273,5±0,69 ^{abcde}	49	678,2±5,20 ^{abc}
Липень	48	272,3±0,96 ^{ab}	47	674,3±6,85 ^a
Серпень	51	273,0±0,70 ^{abcd}	53	668,5±5,45 ^a
Вересень	49	274,5±0,75 ^{cde}	51	685,4±6,48 ^{abc}
Жовтень	59	276,6±0,71 ^{fg}	59	677,5±4,84 ^{ab}
Листопад	61	277,4±0,48 ^g	60	679,7±5,11 ^{abc}
Грудень	57	275,2±0,67 ^{cf}	59	683,5±5,54 ^{abc}
		$F = (11; 595) = 5,86, P < 0,001$	$F = (11; 603) = 1,34, P = 0,196$	

Отриманні результати досліджень вказують на те, що місяць отелення корів-первісток вірогідно не впливає на вік їх першого отелення ($P = 0,196$). Незважаючи на загальну тенденцію, було встановлено вірогідні відмінності ($P < 0,05$) між значеннями середньої оцінки віку першого отелення корів, що припадало на березень, травень, липень та серпень.

Кількість осіменінь нетелей, які приводять до запліднення, вірогідно впливає на їх вік при першому заплідненні та на вік їх першого отелення (в обох випадках: $P < 0,001$) (табл. 3).

Більшість первісток запліднювалися після першого осіменіння у віці 384,0 дні, пізніше всіх (у віці 565,2 днів) запліднювалися нетелі, яких осіменяли шість разів.

Раніше всіх, у віці 658,2 днів, отелення було у первісток, яких осіменяли один раз, тоді як у тварин, яких осіменяли шість разів, отелення наступало у віці 840,2 днів.

Таблиця 3

Мінливість показників віку нетелей при першому заплідненні, тривалості тільності та віку першого отелення залежно від кількості осіменінь

Кількість осіменінь	Вік нетелів при першому заплідненні		Тривалість тільності		Вік першого отелення	
	п, гол.	$\bar{X} \pm Sx$, днів	п, гол.	$\bar{X} \pm Sx$, днів	п, гол.	$\bar{X} \pm Sx$, днів
1	348	384,0±1,13 ^b	341	274,0±0,28 ^a	348	658,2±1,24 ^b
2	138	408,8±2,30 ^c	134	274,4±0,50 ^a	138	682,6±2,51 ^c
3	70	451,4±5,48 ^d	67	274,4±0,57 ^a	70	724,5±5,78 ^d
4	33	477,0±8,60 ^a	32	275,8±0,79 ^a	33	753,7±9,34 ^a
5	10	488,7±10,65 ^a	10	274,3±1,71 ^a	10	763,0±10,86 ^a
6	5	565,2±40,54 ^c	5	275,0±3,21 ^a	5	840,2±43,11 ^c
		$F = (5; 598) = 155,42, P < 0,001$			$F = (5; 583) = 0,75, P = 0,586$	$F = (5; 598) = 134,59, P < 0,001$

Результати двофакторного дисперсійного аналізу впливу кількості осіменінь на вік нетелей при першому заплідненні та першому отеленні, як і очікувалося,

довели наявність вірогідного впливу даного фактору на відтворювальні якості нетелей (в обох випадках: $P < 0,001$).

Кількість осіменінь первісток вірогідно не впливала на тривалість їх тільності ($P = 0,586$).

В результаті досліджень встановлено, що кількість осіменінь нетелей мала вірогідний вплив на наявність у них абортів ($P = 0,021$) (табл. 4).

Отримані результати вказують на те, що чим більше осіменінь треба було провести щоб нетелі запліднилися, тим частіше у них спостерігалися аборти (2,5-16,7%).

Кількість осіменінь телиць не мала вірогідного впливу на наявність у них мертвонародження ($P = 0,42$).

Таблиця 4

**Мінливість показників прояву абортів та мертвонародження
у нетелей залежно від кількості осіменінь**

Кількість осіменінь	Кількість тварин (n), гол.	Корови, які мали аборти		Кількість тварин (n), гол.	Корови, які мали мертвонародження	
		n, гол.	P (%) $\pm Sx$		n, гол.	P (%) $\pm Sx$
1	357	9	2,5 $\pm$ 0,83	307	13	4,2 $\pm$ 1,15
2	145	7	4,8 $\pm$ 1,78	131	11	8,4 $\pm$ 2,42
3	78	8	10,3 $\pm$ 3,44	71	3	4,2 $\pm$ 2,39
4	37	4	10,8 $\pm$ 5,10	34	1	2,9 $\pm$ 2,90
5	12	2	16,7 $\pm$ 10,76	11	0	0
6	5	0	0	5	0	0
$\chi^2 = 16,23$, $P = 0,021$				$\chi^2 = 4,79$, $P = 0,42$		

Висновки. Отже, вплив року та місяця отелення, кількості осіменінь корів-первісток треба враховувати при оцінці їх відтворювальних якостей. Краще планувати отелення нетелей на липень та серпень, що сприятиме отриманню більш ранніх отелень; уникати отелення в березні та травні, що значно підвищить вік першого отелення первісток.

Необхідно ретельно здійснювати підготовку нетелей до осіменіння, щоб зменшити кількість спроб, потрібних для запліднення, що, у свою чергу, дозволить знизити ризик виникнення абортів у майбутньому.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Адмін О. Є., Адміна Н. Г., Трішин О. К. та ін. Сезонні зміни продуктивності первісток за різних умов утримання. *Науково-технічний бюлетень Інституту тваринництва НААН*, №128, 2022. С. 61-71. DOI:10.32900/2312-8402-2022-128-61-71.
2. Болгова Н. В. Відтворювальна здатність корів української чорно-рябої молочної породи. *Вісник Сумського нац. аграрного ун-ту*. Сер.: Тваринництво. 2014. Вип. 2/1 (24). С. 15-18.
3. Бугров О. Д., Шахова Ю. Ю., Кришталь О. М. Вплив інтервалу між осіменіннями на відтворну здатність корів та телиць. *Наук.-техн. бюлетень Ін-ту тваринництва НААН*. 2015. № 113. С. 58-65.

4. Братушка Р. В. Вплив паратипових факторів на відтворну здатність корів сумського внутрішньопородного типу української чорнорябої молочної. *Вісник аграрної науки*. 2012. №9. С. 73-75.
 5. Вечорка В. В., Хмельничий Л. М. Генетичні чинники впливу на продуктивність корів української чорно-рябої молочної породи. *Розведення і генетика тварин*. Київ, 2019. Вип. 57. С. 22-28.
 6. Войтенко С. Л., Петренко М. О., Шаферівський Б. С., Желізняк І. М. Молочна продуктивність та відтворна здатність корів української чорно-рябої молочної породи Полтавщини. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. Серія : Тваринництво. 2017. Вип. 5(1). С. 36-44.
 7. Гармаш О. І. Взаємозв'язок між продуктивністю та відтворювальною здатністю у корів червоної молочної породи. *Біоресурси і природокористування*. 2013. № 5. С. 100-106.
 8. Галакшенов Д. О. Продуктивні та відтворні якості корів залежно від лінійної належності. Perspectives of contemporary science : theory and practice : Proceedings of I International Scientific and Practical Conference. Lviv, Ukraine, 2024. С. 19-25.
 9. Димчук А. В., Понько Л. П. Відтворна здатність та її зв'язок з молочною продуктивністю корів. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2022. 97(3). DOI: <http://dx.doi.org/10.31548/dopovid2022.03.008>.
 10. Дяченко Ю. Молочна продуктивність та відтворні здатності корів у залежності від віку їх першого осіменіння. *Збірник студентських наукових праць «Сільськогосподарські науки»*. 2022. № 3(7). С. 394-399.
 11. Карлова Л. В., Лесновська О. В., Пришєдько В. М. Вплив віку першого осіменіння корів різних порід на їх продуктивні якості. *Науково-технічний бюлетень Державного науково-дослідного контрольного інституту ветеринарних препаратів та кормових добавок і Інституту біології тварин*. Львів, 2018. Вип. 19. № 1. С. 286-292.
 12. Кочук-Ященко, О. А., Кучер, Д. М., Устимович, О. О., Мосійчук, М. В., & Бистранівський, Ю. І. Відтворювальна здатність корів-первісток симентальської породи за органічного та конвенційного виробництва молока. *Розведення і генетика тварин*. 2021. №62, С. 145-158. DOI: <https://doi.org/10.31073/abg.62.19>.
 13. Кочук-Ященко О. А., Кучер Д. М., Мамченко В. Ю. Господарські корисні ознаки корів-первісток симентальської породи залежно від тривалості сервіс-періоду при органічному виробництві молока. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. Серія : Тваринництво. 2019. Вип. 3 (38). С. 19-24. DOI: <https://doi.org/10.32845/bsnau.lvst.2019.3.3>.
 14. Крамаренко О. С., Луговий С. І., Крамаренко С. С. Фрактальний аналіз молочної продуктивності та відтворювальної здатності корів. *Таврійський науковий вісник*. 2022. Вип. №124. С.147-160. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.124.21>.
 15. Крамаренко С. С., Луговий С. І., Лихач А. В., Крамаренко О. С. Аналіз біометричних даних у розведенні та селекції тварин : навчальний посібник. Миколаїв : МНАУ, 2019. 211 с.
 16. Кузів М. І., Федорович Є. І. Відтворювальна здатність корів української чорно-рябої молочної породи. *Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького*, 2016. т 18, № 2 (67). С. 120-123.
 17. Кучер Д. М., Мамченко Ю. В. Характеристика показників молочної продуктивності та відтворної здатності корів-первісток симентальської породи. *Вісник Сумського нац. аграрного ун-ту*. Сер.: Тваринництво. 2017. Вип. 5/1 (31). С. 101-106.
 18. Леонєць С. О., Кочук-Ященко О. А., Савчук І. М. Продуктивні і відтворювальні якості корів симентальської породи залежно від сезону отелення за органічного виробництва молока. *Збірник матеріалів XXVI Міжнародної науково-практичної конференції «World problems and ways of solving modern problems»*. 2024. Осло, Норвегія. С.10-13.
 19. Люта І. М. Вплив походження за батьком на показники росту та відтворювальні якості телиць голштинської породи. *Таврійський науковий вісник*. 2025. Вип. 142. С. 207-215. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.142.2.26>.
-

20. Поліщук Т. В. Вплив сезону отелення на характер лактаційної кривої корів молочних порід. *Аграрна наука та харчові технології*. 2019. № 3 (106). С. 114-127.
21. Поліщук Т. В. Сила впливу сезону народження на продуктивність та якість молока корів. *Аграрна наука та харчові технології*. Вінниця, 2019. Вип. 4 (107), т. 1. С. 113-122.
22. Полупан Ю.П., Базишина І.В., Почукалін А.Є., Прийма С.В., Полупан Н.Л. Вплив року і сезону на молочну продуктивність корів. *Розведення і генетика тварин*. 2022. Вип. 63. С. 71-90. <https://doi.org/10.31073/abg.63.08>.
23. Польовий Л. В., Поліщук Т. В. Вплив сезону отелення корів-первісток за стійлово-вигульною системою утримання на їх продуктивність. *Збірник наукових праць Харківської державної зооветеринарної академії*. 2010. Вип. 22. Ч. 2. Т. 3. С. 80-83.
24. Пославська Ю.В., Федорович Є.І., Бабік Н.П. Вплив сезону народження та сезону отелення корів на їх молочну продуктивність. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького*. 2015. Т. 17, № 3. С. 297-302.
25. Ставецька Р. В., Рудик І. А. Вплив генотипових факторів на відтворні показники корів. *Зб. наук. пр. Білоцерк. нац. аграрного ун-ту*. Сер.: Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва. 2012. Вип. 7 (90). С. 39-43.
26. Фадєєнко Я. Ю. Відтворювальні якості та молочна продуктивність первісток за різних сезонів народження. *Науково-технічний бюлетень Інституту тваринництва НААН*. Харків, 2018. № 180. С. 152-159.
27. Фадєєнко Я. Ю. Розвиток і продуктивні якості ремонтних телиць залежно від різних сезонів народження. *Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького*. Харків, 2016. Том 18 № 1 (65). С. 137-140.
28. Федорович В. В. Вплив показників відтворної здатності на формування молочної продуктивності корів сментальської породи. *НВ ЛНУ ветеринарної медицини та біотехнологій. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2017. №19 (74), С. 52-56. <https://doi.org/10.15421/nvlvet7412>.
29. Шпетний М. Б., Заболотна В. К., Гришин С. Ю. Молочна продуктивність та відтворювальна здатність корів залежно від генетичних та паратипових чинників. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Тваринництво»*. 2021. Вип. 4(47). С. 33-42. DOI: <https://doi.org/10.32845/bsnau.lvst.2021.4.6>.
30. Abera K., Tadesse Y., Yilma Z., & Kebede K. Non-genetic evaluation of productive and reproductive traits for pure jersey cattle at Wolaita Sodo dairy farm, South Ethiopia. *East African Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 7(2), 2023. 57-64. DOI: <https://doi.org/10.20372/eajvas.v7i2.479>.
31. Abebe R., Markos A., Hirpassa L., Gashe M., and Mekibib B. Prevalence and risk factors of reproductive health problems in dairy cows in Southern Ethiopia. *Ger. J. Vet. Res.* vol. 4, Iss. 3, 2024. pp:27-36. DOI: <https://doi.org/10.51585/gjvr.2024.3.0095>.
32. Brandão AP, Cooke RF. Effects of temperament on the reproduction of beef cattle. *Animals*. 2021; 11 (11): 3325. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani11113325>.
33. Bo GA Cutaia, L., Peres L.C., Pincinato D., Marañón D., Baruselli P.S. Technologies for fixed-time artificial insemination and their influence on reproductive performance of Bos indicus cattle. *Soc Reprod Fertil Suppl.* 2007. P. 223-236. DOI: 10.5661/rdr-vi-223.
34. Csiszter L.T., Neciu F.C., Neamt R.I., Saplacan S.I., Ilie D.E., & Gavojdian D. Comparative study on production, reproduction and functional traits between Fleckvieh and Braunvieh cattle. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 30(5), 2016. 666-671. DOI: <https://doi.org/10.5713/ajas.16.0588>.
35. Elahi Torshizi M. Effects of season and age at first calving on genetic and phenotypic characteristics of lactation curve parameters in Holstein cows. *J Anim Sci Technol* 58, 8, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40781-016-0089-1>.
36. Faqiri Sh. G., Tanin G. M. Effect of Month and Season of Birth on Milk Quantity and Quality of Holstein Friesian Cows in Kabul Bini Hisar Dairy Farm. *Symbiosis Journal of Veterinary Science*. 2017. № 3(3). P. 1-4. <https://doi.org/10.15226/2381-2907/3/3/00134>.

37. Fernandez-Novo A, Pérez-Garnelo SS, Villagrà A, Pérez-Villalobos N, Astiz S. The effect of stress on reproduction and reproductive technologies in beef cattle – A review. *Animals*. 2020; 10 (11): 2096. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani10112096>.
38. Grinchuk M., Nesterova Yu. Influence of reproductive qualities on dairy productivity of cows of the Simmental breed. E3S Web of Conferences: International Conference on Advances in Agrobusiness and Biotechnology Research (ABR 2021). 2021. V. 285. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202128504005>.
39. Ihsanullah M.S.Q., Sohail A., & Syed M.S. Seasonal stress affects reproductive and lactation traits in dairy cattle with various levels of exotic blood and parities under subtropical condition. *Pakistan Journal of Zoology*, 52, 2020. 147-155. DOI: <https://dx.doi.org/10.17582/journal.pjz/2020.52.1.147.155>.
40. Kramarenko O., Kramarenko S. Influence of Lactation Number, Year and Season of Calving on Milk Productivity of Cows. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*, Mykolaiv, 2022. Vol. 26(2). P. 43-52. DOI: 10.56407/2313-092X/2022-26(2)-5.
41. Mikláš Š. The impact of calving season, dams' parity on milk yield and gestation length of dairy cows. *Acta fytotechn zootechn*. 2021. № 24. P. 41-44. <https://doi.org/10.15414/afz.2021.24.mi-prap.41-44>.
42. Menta PR, Machado VS, Piñeiro JM, Thatcher WW, Santos JEP, Vieira-Neto A. Heat stress during the transition period is associated with impaired production, reproduction, and survival in dairy cows. *J Dairy Sci*. 2022; 105 (5): 4474-4489. DOI: 10.3168/jds.2021-21185.
43. Nzeyimana JB, Fan C, Zhuo Z, Butore J, Cheng J. Heat stress effects on the lactation performance, reproduction, and alleviating nutritional strategies in dairy cattle, a review. *J Anim Behav Biometeorol*. 2023; 11 (3): e2023018. DOI: <https://10.31893/jabb.23018>.
44. Samia M. Abd El-Rheem et al. Effect of Calving Season and Parity on Productivity, Post-partum Reproductive Parameters and Disorders, and Economic Indices in Holstein Cows Kept Under Subtropical Conditions in Egypt. *Journal of Advanced Veterinary Research*. Volume 12, Issue 4, 2022. P. 426-433.
45. Sharapa. G. S., & Boyko. O. V. Reproductive ability and dairy productivity of cows of different breeds. *Animal Breeding and Genetics*. 55, 2018. P. 219-224. DOI: <https://doi.org/10.31073/abg.55.30>.
46. Shpetnyi M. B., Zabolotna V. K., & Hryshyn S. Y. Milk productivity and reproductivity ability of cows, depending on the genetic and paratypic factors. *Bulletin of Sumy National Agrarian University*. The Series: Livestock, 4 (47), 2022. P. 33-42. DOI: <https://doi.org/10.32845/bsnau.lvst.2021.4.6>.
47. Sung M. et al. Effect of Age at First Calving on Productive and Reproductive Performance in Dairy Cattle. *Journal of Veterinary Clinics*. 2016. Vol. 33. No. 2. P.93-96. DOI: <http://dx.doi.org/10.17555/jvc.2016.04.33.2.93>.
48. Susanto A., Hakim Suyadi L., Nurgiartiningsih V. M. A. Environment (Year and Season of Birth) Effects on First-Lactation Milk Yield of Dairy Cows. The 1st Animal Science and Food Technology Conference. 2019. P. 1-6. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/372/1/012010>.
49. Torshizi M. E. Effects of season and age at first calving on genetic and phenotypic characteristics of lactation curve parameters in Holstein cows. *Journal of Animal Science and Technology*. 2016. Vol. 58(8). 14 p. <https://doi.org/10.1186/s40781-016-0089-1>.
50. Toure A., Antoine-Moussiaux N., Geda F., Kouriba A., Traoré D., Traoré B., Leroy P., & Moula, N. Phenotypic parameters affecting reproduction and production performances of dairy cattle in peri-urban of Bamako, Mali. *Veterinary World*, 12(6), 2019. article number 817. DOI: <https://doi.org/10.14202/vetworld.2019.817-822>.
51. Ulimbashev M. B., Alagirova Zh. T. Adaptive ability of Holstein cattle introduced into new habitat conditions. *Agricultural Biology*. 2016. Vol. 51 (2). P. 247-254.
52. Van Eetvelde M., Kamal M.M., Vandaele L., Opsomer G. Season of birth is associated with first-lactation milk yield in Holstein Friesian cattle. *Animal*. 2017. № 11(12). P. 2252-2259. <https://doi.org/10.1017/S1751731117001021>.

ЕКОЛОГІЯ, ІХТІОЛОГІЯ ТА АКВАКУЛЬТУРА

ECOLOGY, ICHTHYOLOGY AND AQUACULTURE

УДК 635.9: 504

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.144.37>

МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ РОСЛИН-ФІТОРЕМЕДІАНТІВ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ

Бойко Т.О. – к.б.н.,

доцент кафедри лісового та садово-паркового господарства

Херсонський державний аграрно-економічний університет

orcid.org/0000-0003-3864-2036

В статті розглядаються біологічні методи відновлення елементів навколишнього середовища, заснованих на використанні біологічної продуктивності організмів. Методи фітореMediaції передбачають використання властивостей рослин вилучати забруднюючі речовини з навколишнього середовища. Використання рослин-фітореMediaнтів дозволить досягти екологічного очищення великих територій від важких металів, нафтопродуктів, продуктами горіння різноманітних речовин без значних капіталовкладень і з мінімальним використанням складного обладнання, що особливо актуально для повоєнного відновлення урбанізованих територій. З'ясовано, що в міських умовах для фітостабілізації краще застосовувати дерева та кущі з добре розвиненою кореневою системою. Ефективним методом для населених пунктів є посадження деревних та трав'янистих рослин-аккумуляторів. Створення групових посадок та масивів з деревних рослин у поєднанні з щільним трав'янистим покривом будуть сприяти зниженню вітрової та водної ерозії ґрунтів. Згідно проведених досліджень виявлено, що рослини-фітореMediaнти мають відповідати наступним вимогам: мати високу біологічну продуктивність, поглинати важкі метали у високих концентраціях і проявляти толерантність до цих сполук, більша частина яких має бути акумульована в надземних органах та відчужуватись при утилізації. Створення декоративних насаджень з використанням рослин-аккумуляторів та гіперакумуляторів з урахуванням природно-кліматичних особливостей територій, дозволить не лише зменшити екологічні загрози від неконтрольованого поширення політантів за межі забруднених територій, а й буде використане як інструмент реабілітації територій, що постраждали внаслідок бойових дій. Подальший пошук рослин-фітореMediaнтів, здатних вилучати політанти із ґрунту, направлений на створення здорового, екологічно-безпечного середовища проживання у міських територіях, мінімізацію антропогенного впливу на природне біорізноманіття, повноцінне відновлення усіх компонентів урбоєкосистем, відповідно до завдань сталого розвитку та подолання наслідків війни.

Ключові слова: відновлення територій, фітореMediaція, деградація, екологічні загрози.

Boiko T.O. Possibilities of using phytoremediation plants for the restoration of urbanized areas

The article discusses biological methods for restoring environmental elements based on the use of the biological productivity of organisms. Phytoremediation methods involve using the properties of plants to remove pollutants from the environment. The use of phytoremediation plants will allow achieving ecological cleaning of large areas from heavy metals, petroleum products, and combustion products of various substances. The methods do not require significant capital investments and involve minimal use of complex equipment, which is especially relevant for the post-war restoration of urbanized areas. It has been found that in urban environments, it is better to use trees and shrubs with a well-developed root system for phytostabilization. An

effective method for settlements is a combination of the woody and grassy plants-accumulators. Creating group plantings and arrays of the woody plants combined with dense grass cover will help reduce wind and water erosion of soils. According to the conducted studies, it was found that phytoremedial plants must meet the following requirements: have high biological productivity, absorb heavy metals in high concentrations and show tolerance to these compounds, the greater part of which must be accumulated in above-ground organs and disposed of during disposal. The creation of ornamental plantings using accumulator and hyperaccumulator plants, taking into account the natural and climatic features of the territories, will not only reduce environmental threats from the uncontrolled spread of pollutants beyond the borders of contaminated territories, but will also be used as a tool for the rehabilitation of territories affected by hostilities. The further search for the phytoremedial plants capable of removing pollutants from the soil is aimed at creating a healthy, ecologically safe habitat in urban areas, minimizing the anthropogenic impact on natural biodiversity, and fully restoring all components of urboecosystems, in accordance with the tasks of sustainable development and overcoming the consequences of war.

Key words: restoration of territories, phytoremediation, degradation, ecological threats.

Постановка проблеми. В сучасних умовах сьогодення, коли до традиційних аспектів антропогенного навантаження на екосистеми додаються наслідки забруднення комплексом забруднюючих речовин внаслідок бойових дій, науковий інтерес викликають різноманітні біологічні методи відновлення елементів навколишнього середовища, заснованих на використанні біологічної продуктивності організмів. Одним з таких методів є фіторемедіація – комплекс методів очистки навколишнього середовища з використанням рослин [1]. Ці методи передбачають використання властивості рослин вилучати забруднюючі речовини з навколишнього середовища. Процеси фіторемедіації поєднують природні механізми самовідновлення з компонентів довкілля з посиленою дією впливу людини. Такий підхід є свосередним переходом між природними процесами саморегенерації та техногенним відновленням, оскільки не потребує використання складних технологій.

Основою для фіторемедіації середовища (грунтів, водних об'єктів) є гармонійна взаємодія між рослинними організмами, мікроорганізмами та екологічними умовами конкретної території [2]. Такий симбіоз дозволяє досягти екологічного очищення без значних капіталовкладень і з мінімальним використанням складного обладнання, що особливо актуально для повоєнного відновлення урбанізованих територій, які тривалий час знаходяться на лінії зіткнення. Основна задача людини в цьому процесі полягає у створенні оптимальних умов для росту рослин, формуванні відповідних фітоценозів та використанні низки агротехнічних прийомів. Такі дії будуть сприяти активнішому розкладанню або зв'язуванню забруднюючих речовин.

Результати роботи та їх обговорення. На сьогодні питання відновлення урбанізованих територій, деградованих внаслідок військових дій стоїть достатньо гостро. При розсіянню забрудненні ґрунтів на великих площах сполуками важких металів, нафтопродуктами, продуктами горіння різноманітних речовин, яке виникає внаслідок обстрілів, альтернативи фіторемедіації майже немає. Наукові дослідження потребують удосконалення підходів до застосування практик з метою біологічної фіторемедіації ґрунтів, для компенсації негативного впливу шкідливих речовин із застосуванням економічно доцільних технологій. Використовуються рослини-акумулятори та гіперакумулятори, здатні накопичувати поллютанти в своїх органах, завдяки чому відбувається їх вилучення з середовища. Підбір таких рослин для міст України різних рослинно-кліматичних зон є однією з стратегічних цілей, для повноцінного відновлення всіх компонентів урбоекосистем.

Забруднення металами негативно впливає на біологічні системи та не піддається біодеградації. Токсичні важкі метали такі як свинець (Pb), кобальт (Co) і кадмій (Cd), відрізняються від інших забруднювачів тим, що не розкладаються

біологічно, а накопичуються в живих організмах, викликаючи різні захворювання навіть у низьких концентраціях [3]. Через тривале накопичення у ґрунтах важкі метали становлять серйозну загрозу для живих організмів [4]. Вони впливають на ріст та розвиток рослин, утворення щільного трав'янистого покриву та негативно впливають на розвиток ґрунтових мікроорганізмів [5]. Таким чином, якщо важкі метали не можуть бути розкладені хімічним шляхом, то потребують фізичного видалення з ґрунту або переведення у нетоксичні форми [6]. Технології фітореMediaції привертають увагу науковців, оскільки використовують здатність рослин адсорбувати забруднюючі речовини з навколишнього середовища, що дає можливість до рекультивації великих площ з відносно невеликими капіталовкладеннями та без екологічних ризиків для довкілля.

В низці вітчизняних та закордонних наукових джерелах описані методи фітореMediaції [7-16]. Основними механізмами поглинання органічних і неорганічних забруднювачів є фітозакріплення (phytostabilization), ризодеградація (rhizodegradation), ризофільтрація (rhizofiltration), фітодеградація (phytodegradation), фітоаккумуляція (*phytoaccumulation*) та фітоволатизація (phytovolatilization) (рис. 1).

Ці процеси мають різні механізми застосування і залежать від типу забруднювачів (органічні або неорганічні) та особливостей середовища (ґрунт, вода, осади тощо).

В основі процесу **фітозакріплення** лежить можливість корневих систем рослин виділяти речовини, які стабілізують, зв'язують та закріплюють політанти в ґрунтовій матриці, знижуючи їх біодоступність. Деякі види рослин здатні іммобілізувати забруднювачі в ґрунті шляхом адсорбції на коренях, накопичення в тканинах або осадження їх в ризосфері.

Поглинання або адсорбція забруднюючих речовин, які перебувають у розчиненому стані на коренях рослин або в їх тканинах, є процесом **ризофільтрації**. Цей механізм використовують для видалення сполук металів і радіонуклідів із ґрунтових, поверхневих та стічних вод.

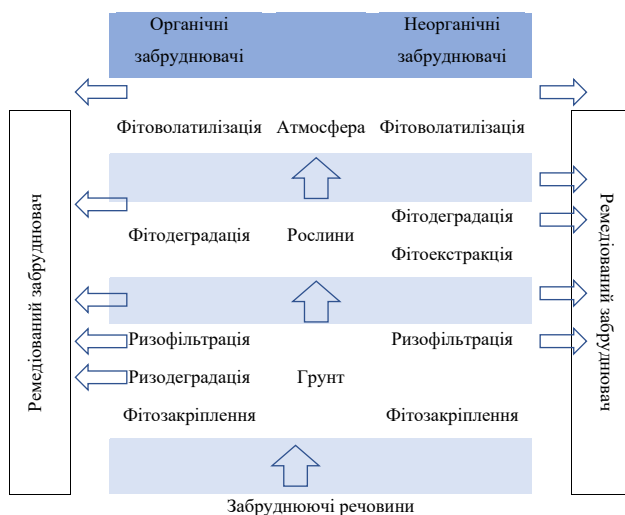


Рис. 1. Механізми впровадження технології фітореMediaції [17]

Ризодеградація – це процес руйнування забруднюючих речовин у ґрунті до проникнення їх у тканини рослини, шляхом активності мікроорганізмів у ризосфері, які споживають органічні речовини як джерело енергії. Корені рослин виділяють органічні сполуки (цукри, спирти, кислоти, вторинні метаболіти тощо), що стимулюють розвиток мікрофлори та сприяють процесам біоремедіації. Технології ризодеградації застосовуються для знешкодження нафтопродуктів, низки ароматичних та поліароматичних сполук і гербіцидів [2].

Технології **фітоекстракції** засновані на тому, що деякі види рослин здатні поглинати та гіперакумулювати деякі метали та надлишки поживних речовин у вегетативних органах рослин [12]. Фітоекстракція дозволяє вилучати важкі метали з ґрунту завдяки здатності рослин поглинати метали, необхідні для їх росту (Fe, Ni, Zn, Mn, Mg, Cu, Mo) [2]. Процеси застосовуються для вилучення металів, металоїдів, радіонуклідів із ґрунту, осадів або мулу. Біомасу можливо використовувати для повторного використання металів, для чого її компостують або спалюють, після чого золу акумулюють на регульованих звалищах.

Технологія **фітоволатилізації** заснована на здатності рослин поглинати та транспортувати забруднюючі речовини, після чого відбувається їх випаровування в атмосферу. Очищення відбувається не тільки за рахунок виділення, а й подальшого розпаду токсичних сполук в атмосфері, під дією ультрафіолетового випромінювання та кисню [18]. Цей механізм виявився особливо ефективним для детоксикації ґрунтів і водойм, забруднених органічними сполуками, а також сполуками селену та ртуттю. У процесі фітоволатилізації деякі токсиканти можуть перетворитись на менш шкідливі леткі форми. Попри очевидні переваги, ця технологія має низку суттєвих недоліків. Нетрансформовані або частково перетворені токсиканти можуть потрапляти до харчових ланцюгів, осідаючи на рослинах. Відповідно технологія потребує ретельного планування та оцінки ризиків вторинного забруднення середовища. Для даної технології в населених пунктах можливо використовувати види роду *Populus* L. та *Robinia pseudoacacia* L. [2, 13].

Фітодеградація (або **фітотрансформація**) заснована на розщепленні забруднювачів, які потрапили в рослину шляхом внутрішньоклітинного метаболізму або зовнішнього впливу ферментів, що виділяються рослиною. При цьому токсичні сполуки адсорбуються з ґрунту. Метод виявляється ефективним при високих концентраціях політантів, в результаті якого складні органічні молекули розкладаються на простіші [12, 18].

Технологія **фітостабілізації** полягає у зменшенні рухливості, розчинності або біодоступності забруднювачів в ґрунті. По суті, дані процеси не «виводять» токсичні речовини з ґрунту, а закріплюють їх у недоступній або малодоступній для живих організмів формі. Згідно Я.Г. Цицюри зі співавторами [2] даний метод ефективний при інактивації металів, однак малорезультативний для зв'язування нафтопродуктів. В міських умовах для фітостабілізації краще застосовувати дерева та кущі з добре розвинутою кореневою системою [19, 20]. Для таких цілей підійдуть *Betula pendula* Roth., *Salix alba* L., *Populus nigra* L. та гібридні тополі, *Quercus robur* L., *Pinus sylvestris* L., *Cotoneaster lucidus* Schlecht., *Rhamnus cathartica* L., *Rosa canina* L. та *Berberis vulgaris* L. Для ефективності очищення великих територій доцільно створювати великі угруповання з цих рослин.

Ефективним методом для населених пунктів є поєднання деревних та трав'янистих рослин-акумуляторів. Створення групових посадок та масивів з деревних рослин у поєднанні з щільним трав'янистим покривом будуть сприяти зниженню вітрової та водної ерозії ґрунтів. Такі рослини як *Festuca glauca* Vill., *Alopecurus*

pratensis L. не тільки декоративні рослини, а здатні накопичувати у вегетативних органах сполуки металів. А *Alopecurus pratensis* здатний рости на ґрунтах, забруднених нафтопродуктами, та в симбіозі із ґрунтовими мікроорганізмами руйнувати ці речовини, до того як вони потраплять в ланцюг живлення. Низка газонних трав *Lolium perenne* L., *Festuca rubra* L., *Bromus inermis* Leyss., *Poa pratensis* L., а також декоративні рослини *Tagetes erecta* L., *Begonia* × *tuberhybrida* Voss, *Amaranthus retroflexus* L., *Panicum virgatum* L. та декоративні форми *Helianthus annuus* L. здатні накопичувати в своїх органах сполуки кадмію та свинцю.

Слід зауважити, що рослини-фіторемедіанти мають відповідати наступним вимогам: мати високу біологічну продуктивність, поглинати важкі метали у високих концентраціях і проявляти толерантність до цих сполук, більша частина яких має бути акумульована в надземних органах та відчужуватись при утилізації. Високим потенціалом для застосування технології фіторемедіації володіють рослини-гіперакумулятори, які здатні концентрувати метали в надземній біомасі у концентраціях набагато більших, ніж у ґрунті [21]. На сьогодні в світі ідентифіковано близько 700 видів гіперакумуляторів різноманітних металів [22,23]. Однак, дослідження, присвячені пошуку рослин, придатних для цих цілей, продовжуються для різних рослинно-кліматичних зон.

Таким чином, підсумовуючи переваги доступних фіторемедіаційних технологій можна виділити основні серед них:

- збереження екологічного балансу територій, оскільки процеси фітотворення є природними процесами;
- економія, так як витрати на реалізацію фіторемедіаційних програм значно нижчі (в 4-5 разів), ніж на використання фізичних або хімічних методів очищення;
- мінімальне порушення структури та родючості ґрунту;
- зменшення ризиків вторинного забруднення ґрунту політантами, оскільки дозволяє уникнути переміщення забруднювачів з однієї ділянки на іншу;
- дає можливість відновлювати ґрунти на великих площах, які після фіторемедіації можливо використовувати для сільськогосподарських або рекреаційних цілей;
- збільшення естетичної привабливості місцевості та психологічного комфорту населення через використання декоративних рослин.

Однак, попри численні переваги фіторемедіації як доступної та екологічно безпечної технології, вона має певні обмеження, які можуть ускладнити або звужити її застосування в конкретних умовах. Одним з основних обмежень фіторемедіації є низька швидкість очищення. Повне відновлення забрудненої ділянки може тривати від кількох місяців до кількох років, що залежить від рівня забруднення, типу забруднювача та особливостей рослин. Процеси фіторемедіації є біологічними процесами, які залежать від температури, вологості та сезонності. В осінньо-зимовий період ефективність акумулювання рослинами політантів значно знижується або повністю зупиняється. Ще одним обмеженням є те, що високі концентрації сполук важких металів можуть бути токсичними для самих рослин, гальмуючи їх ріст, або спричиняючи загибель. Цей фактор обмежує вибір рослин-аккумуляторів. Коренева система трав'янистих рослин, які використовуються як фіторемедіанти, досягає обмеженої глибини (1-1,5 м). При їх використанні відновлення ефективне для поверхневих шарів ґрунту або ґрунтових вод, а інші шари залишаються недоступними для очищення. Метали, які накопичуються в рослинах, можуть повертатись в екосистему через розкладання зеленої маси, опадання листя або потрапляння в харчові ланцюги, за умови, що не здійснюється своєчасне

прибирання біомаси. Тобто є загроза потенційного вторинного забруднення. Технологія фіторемедіації є ефективною переважно для вилучення важких металів та деяких органічних сполук, однак вона є малопродуктивною щодо нафтопродуктів та комплексних полімерів. Ще одним обмеженням даної технології є необхідність спеціальної утилізації або переробки забрудненої біомаси, що створює додаткові витрати та потребує контролю.

Таким чином, підбір методів екологічної ремедіації забруднених ґрунтів урбанізованих територій України, пошук декоративних культур з високими фіторемедіаційними властивостями, адаптованих до природно-кліматичних умов конкретного міста країни, розроблення біологічно-обґрунтованих технологій їх розмноження та вирощування на забруднених землях з метою зниження токсичної дії поліютантів на навколишнє середовище є надзвичайно важливим та актуальним завданням повоєнного відновлення.

Висновки. Забруднені внаслідок збройного протистояння урбанізовані території України для свого відновлення потребуватимуть швидких природоорієнтованих рішень. Використання технологій фіторемедіації дозволить перетворити деградовані ландшафти у сучасні рекреаційні зони зі значним відсотком озеленення та різними підходами до створення зелених насаджень. Створення декоративних насаджень з використанням рослин-аккумуляторів та гіперакумуляторів важких металів з урахуванням природно-кліматичних особливостей територій, дозволить не лише зменшити екологічні загрози від неконтрольованого поширення поліютантів за межі забруднених територій, а й буде використане як інструмент реабілітації територій, що постраждали внаслідок бойових дій. Подальший пошук рослин-фіторемедіантів, здатних вилучати поліютанти із ґрунту та проявляти толерантність до їх дії, направлений на створення здорового, екологічно-безпечного середовища проживання у міських територіях, мінімізацію антропогенного впливу на природне біорізноманіття, повноцінне відновлення усіх компонентів урбоєкосистем, відповідно до завдань сталого розвитку та подолання наслідків війни.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Гирля Л.М. Фіторемедіація – ефективний шлях зниження вмісту важких металів у ґрунтах. Наукові праці Чорноморського державного університету імені Петра Могили комплексу «Києво-Могилянська академія». Серія: Екологія. 2011. Т. 152, Вип. 140. 57-59. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Npchdue_2011_152_140_14 (дата звернення 20.06.2025)
2. Інноваційні підходи до фіторемедіації та фіторекультивування у сучасних системах землеробства. Монографія / Я.Г. Цицюра, Ю.М. Шкатула, Т.А. Забарна, Л.В. Пелех. Вінниця: ТОВ «Друк», 2022. 1200 с.
3. Pehlivan E., A. M. Ozkan, Dinc S. and Parlayici S. Adsorption of Cu²⁺ and Pb²⁺ ion on dolomite powde. *Journal of Hazardous Materials*. 2009vol. 167, № 1–3. 1044–1049,.
4. Bieby Voijant Tangahu, Siti Rozaimah Sheikh Abdullah, Hassan Basri, Mushrifah Idris, Nurina Anuar, Muhammad Mukhlisin. A Review on HeavyMetals (As, Pb, and Hg) Uptake by Plants through Phytoremediation. *International Journal of Chemical Engineering*. 2011. doi:10.1155/2011/939161
5. Roy S., Labelle S., Mehta P. et al. Phytoremediation of heavy metal and PAH-contaminated brownfield sites. *Plant and Soil*. 2005. Vol. 272, №. 1-2, 277–290.
6. Gaur A., Adholeya A. Prospects of arbuscular mycorrhizal fungi in phytoremediation of heavymetal contaminated soils. *Current Science*. 2004. Vol. 86. № 4. 528–534.

7. Гацишин В.Р., Пацула О.І., Терек О.І. Накопичення важких металів у рослинах *Brassica napus* L. і *Helianthus annuus* L. під впливом солей цинку та регулятора росту трептолеуму. *Фізіологія рослин і генетика*. 2014. Т. 46. № 4. 343-350.
8. Гуральчук Ж.З. Фітотоксичність важких металів та стійкість рослин до їх дії. К.: Логос, 2006. 208 с.
9. Головач О., Козловський В., Демків О. Забруднення сільськогосподарських ґрунтів важкими металами та характер їхнього перерозподілу у рослинах кукурудзи. *Вісник Львівського ун-ту. Серія біологічна*. 2004. Вип. 38. 205-210.
10. Денчиля-Сакаль Г. М., Ніколайчук В. І., Колесник А.В., Вакерич М.М., Ткач О.П. Особливості акумуляції важких металів в рослинах *Trifolium pratense* L. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Біологія*. 2012. Вип. 33. 189-191.
11. Berrow M.L., Bourridge J.C. Uptake, distribution and effects of metal compounds on plants. *Metal and Their Compounds Environment: Occurrence, Analysis and Biol. Relevance*. New York: *Verlag Chemie*. 1991. 399-10.
12. U. S. Environmental Protection Agency. Introduction to Phytoremediation. National Risk Management Research Laboratory. EPA/600/R-99/107. 2000. <http://www.clu-in.org/download/remed/introphyto.pdf>.
13. Erakhrumen A. and Agbontalor A. Review Phytoremediation: an environmentally sound technology for pollution prevention, control and remediation in developing countries. *Educational Research and Review*. 2007. Vol. 2. № 7. 151-156.
14. Van Ginneken L., Meers E., Guisson R. et al. Phytoremediation for heavy metal-contaminated soils combined with bioenergy production. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*. 2007. Vol. 15. № 4. 227-236.
15. Alex-Alan F. de Almeida, Valle Raúl R., Mielke Marcelo S. et al. Tolerance and prospection of phytoremediation woody species of Cd, Pb, Cu and Cr. *Plant Physiol*. 2007. Vol. 19. № 2. 83-98.
16. Najib R., Hourti T., Khairallah Y., Khalil M.I.. The phytoremediator capacity of *Quercus cerris* L. against heavy metals contamination in the Ezer forest, Lebanon. – *Forestry Studies*. Metsanduslikud Uurimused. 2024. Vol.80. 110-126, ISSN 1406-9954. Journal homepage: <http://mi.emu.ee/forestry.studies>
17. Interstate Technology and Regulatory Council, Phytotechnology Technical and Regulatory. Guidance and Decision Trees. 2009. <http://www.itrcweb.org/guidancedocument.asp?TID=63>
18. Prasad M. N. V., De Oliveira Freitas H.M. Metal hyperaccumulation in plants-biodiversity prospecting for phytoremediation technology. *Electronic Journal of Biotechnology*. 2003. Vol. 6. № 3. 110-146.
19. Alkorta I, Becerril JM, Garbisu C. Phytostabilization of metal contaminated soils. *Rev Environ Health*. 2010. 25(2). 135-46. doi: 10.1515/reveh.2010.25.2.135
20. Ralinda R. Miller, P.G. Phytoremediation. *Technology Overview Report* 1996. 26 p.
21. Baker A. J. M., Brooks R. R. Terrestrial higher plants which hyperaccumulate metallic elements. A review of their distribution, ecology and phytochemistry. *Biorecovery*. 1989. Vol. 1. 81-126.
22. Reeves RD, Baker AJM, Jaffré T, Erskine PD, Echevarria G, van der Ent A. A global database for plants that hyperaccumulate metal and metalloïd trace elements. *New Phytol*. 2018. 218(2). 407-411. doi: 10.1111/nph.14907. Epub 2017 Nov 15. PMID: 29139134.
23. Global Hyperaccumulator Database www.hyperaccumulators.org

УДК 575.826:[631.461.5:633.34]:631.8

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.144.38>

АДАПТАЦІЯ БОБОВО-РИЗОБІАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ РОСЛИН СОЇ ДО ВИКОРИСТАННЯ МІКРОБНИХ ПРЕПАРАТІВ

Заболотний О.І. – к.с.-г.н.,

доцент кафедри біології,

Уманський національний університет

orcid.org/0000-0003-0069-1617**Розборська Л.В.** – к.с.-г.н., доцент,

завідувач кафедри біології,

Уманський національний університет

orcid.org/0000-0003-2002-6438

Про ефективність застосування мікробних препаратів на основі бульбочкових бактерій при вирощуванні бобових культур загалом та сої зокрема свідчать результати досліджень, виконаних у різних областях України. Так, за інокуляції насіння культур активними штамами ризобій відмічено істотне зростання продуктивності рослин, а саме: сої – до 15–23%, люпину – до 13–19%, гороху – до 11–20%, а також приріст зеленої маси конюшини й люцерни на 12–25%.

Дослідження проводили в польових та лабораторних умовах кафедри біології Уманського національного університету. Насіння сої перед сівбою інокулювали мікробними препаратами на основі бульбочкових бактерій.

Встановлено, що застосування передпосівної інокуляції насіння сої мікробними препаратами на основі штамів бульбочкових бактерій впливала на зміну активності бобово-ризобіального комплексу культури та її нітрогеназної активності. У фазі цвітіння культури за використання Ризоактиву кількість бульбочок на 1 рослині зроста порівняно з контрольним варіантом на 6,4 шт, тоді як на інокуляції насіння Нітродаром – на 8,7 шт. У разі бактеризації насіння сої мікробним препаратом Різолік LLI виявлено збільшення кількості бульбочок на 1 рослині проти контролю на 14,4 шт. Найбільша чисельність бульбочок спостерігалася за передпосівної обробки насіння препаратом Preside CL. У цьому варіанті досліді відмічено зростання кількості бульбочок у порівнянні з контролем на 18,0 шт/рослину, що також на 3,6 шт/рослину перевищувало значення у варіанті з використанням препарату Різолік. Поряд із зростанням чисельності бульбочок на 1 рослині, спостерігалася також і збільшення їх маси. Серед усіх варіантів досліді найбільша маса бульбочок спостерігалася за бактеризації насіння препаратами Різолік LLI та Preside CL, що перевищувало показники контрольного варіанту на 0,239 та 0,263 г/рослину відповідно. У цих же варіантах відмічено й найвищий азотфіксувальний потенціал. Перевищення нітрогеназної активності, порівнюючи з контролем, складало 1678 та 1765 нМоль етилену/рослину/год відповідно.

Отримані результати свідчать, що передпосівна інокуляція насіння сої мікробними препаратами на основі бульбочкових бактерій значно покращує формування бобово-ризобіального комплексу. Найефективнішими виявилися препарати Preside CL та Різолік LLI, які забезпечили максимальне збільшення кількості та маси бульбочок, а також найвищу нітрогеназну активність. Очевидно, це спричинено високою початковою концентрацією *Bradyrhizobium japonicum* та активною симбіотичною взаємодією з рослиною.

Ключові слова: соя, мікробні препарати, бобово-ризобіальний комплекс, бульбочки, нітрогеназна активність.

Zabolotnyi O.I., Rozhorska L.V. Adaptation of the legume-rhizobial complex of soybean plants to the use of microbial preparations

The effectiveness of using microbial preparations based on nodule bacteria in growing legumes in general and soybeans in particular is evidenced by the results of studies conducted in various regions of Ukraine. Thus, when inoculating crop seeds with active strains of rhizobia, a significant increase in plant productivity was noted, namely: soybeans – up to 15–23%, lupine – up to 13–19%, peas – up to 11–20%, as well as an increase in the green mass of clover and alfalfa by 12–25%.

The research was conducted in field and laboratory conditions at the Department of Biology of Uman National University. Soybean seeds were inoculated with microbial preparations based on nodule bacteria before sowing.

It was established that the use of pre-sowing inoculation of soybean seeds with microbial preparations based on nodule bacteria strains affected the change in the activity of the legume-rhizobial complex of the crop and its nitrogenase activity. In the flowering phase of the crop, under the using of Rizoaktiv, the number of nodules per 1 plant increased compared to the control variant by 6,4 pcs, while when inoculating seeds with Nitrodar – by 8,7 pcs. In the case of bacterization of soybean seeds with the microbial preparation Rizolik LLI, an increase in the number of nodules per 1 plant was found compared to the control by 14,4 pcs. The largest number of nodules was observed with pre-sowing treatment of seeds with the preparation Preside CL. In this variant of the experiment, an increase in the number of nodules compared to the control by 18,0 pcs/plant was noted, which also exceeded the value in the variant using the preparation Rizolik by 3,6 pcs/plant. Along with the increase in the number of nodules per plant, an increase in their mass was also observed. Among all the experimental variants, the largest mass of nodules was observed after seed bacterization with Rizolik LLI and Preside CL, which exceeded the indicators of the control variant by 0,239 and 0,263 g/plant, respectively. In these same variants, the highest nitrogen-fixing potential was also noted. The excess of nitrogenase activity, compared with the control, was 1678 and 1765 nmol ethylene/plant/hour, respectively.

The results obtained indicate that pre-sowing inoculation of soybean seeds with microbial preparations based on nodule bacteria significantly improves the formation of the legume-rhizobial complex. The most effective preparations were Preside CL and Rizolik LLI, which provided the maximum increase in the number and mass of nodules, as well as the highest nitrogenase activity. Obviously, this is due to the high initial concentration of Bradyrhizobium japonicum and active symbiotic interaction with the plant.

Key words: soybean, microbial preparations, legume-rhizobial complex, nodules, nitrogenase activity.

Постановка проблеми. Відомо, що саме ґрунтова мікробіота перетворює недоступні для рослин сполуки на доступні, оптимальні для метаболізму. Загалом, роль мікробіоти, що заселяє ризосферу, аналогічна функції травних органів тварин. Однак більшість ґрунтів агробіоценозів містить мінімальну кількість окремих видів мікроорганізмів, які завжди виступали індикаторами родючості. Їх місце зайняли нетипові бактерії і багато агрофітоценозів перетворюються на резервації для патогенних збудників хвороб рослин [1].

Також однією з важливих проблем землеробства є збільшення частки «біологічного» азоту в сучасних технологіях вирощування сільськогосподарських культур. Розширення масштабів використання атмосферного азоту, фіксованого мікроорганізмами, дозволить знизити енергетичні затрати в землеробстві та зменшити техногенне навантаження на навколишнє середовище [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Нині агровиробництво у якості надзвичайно ефективного агрозаходу, який є також елементом біологізації технологій вирощування польових культур, зокрема сої, широко запроваджує передпосівну бактеризацію насіння мікробними препаратами. Завдячуючи потраплянню до ґрунту агрономічно корисних мікроорганізмів, живі клітини яких є основою мікробних препаратів, активізується посилення ряду процесів: фітосанітарного стану ґрунту, захист польових культур від алелопатичного впливу попередників, покращується надходження та доступність елементів живлення для рослин, що в кінцевому підсумку сприяє підвищенню продуктивності польових культур та покращення якості врожаю [3].

У зв'язку з формуванням потужного світового ринку продукції агропромислового комплексу та продовольства високої екологічної якості, що вирощується з мінімальним використанням пестицидів та мінеральних добрив, цілком зрозумілим є зростання зацікавленості до питань, пов'язаних із процесами біологічного перетворення молекулярного азоту, що виконується діазототрофною мікробіотою як

в симбіозі так й в асоціаціях із рослинами як в природних агроєкосистемах, так й в штучних агрофітоценозах, створених людиною [4, 5].

Про ефективність застосування мікробних препаратів на основі бульбочкових бактерій при вирощуванні бобових культур загалом та сої зокрема свідчать результати досліджень, виконаних у різних областях України. Так, за інокуляції насіння культур активними штамми ризобій відмічено істотне зростання продуктивності рослин, а саме: сої – до 15–23%, люпину – до 13–19%, гороху – до 11–20%, а також приріст зеленої маси конюшини й люцерни на 12–25%. Зокрема, у степовій зоні України доведено можливість збільшення продуктивності бобових завдяки бактеризації насіння на 0,1–0,6 т/га, що складає 5–16%, також на 1–3 % в зерні підвищувався вміст сирого протеїну. Отримання таких значних приростів зернової продуктивності стає можливим завдяки тому, що азотфіксувальні мікроорганізми спроможні щороку зв'язувати, залежно від того, у симбіозі з якою культурою існують, від 40 до 300 кг азоту на 1 гектар. Цей азот є екологічним, не забруднює довкілля і не потребує виробничих затрат. Про важливість цього свідчить те, що у світовому масштабі щороку в ґрунт вноситься 35 млн т азоту у вигляді мінеральних добрив, тоді як рослини за вегетаційний період поглинають із ґрунту до 75 млн т азоту. [6, 7].

Дослідженнями О.В. Кириченко та К.А. Мокрицького [8] встановлено, що інокуляція насіння сої штамом *Bradyrhizobium japonicum* (94Р) у поєднанні з *Azotobacter chroococcum* та іншими ризосферними мікроорганізмами підвищує енергію проростання на 8–12 %, схожість на 6–10 %, ріст проростків на 18–25 % та формування бульбочок на 40–60 %. Комплексна інокуляція виявилася ефективнішою за використання монокультури. При цьому комплексна бактеризація має переваги над традиційною інокуляцією ризобіями щодо розвитку проростків сої і формування вегетативної маси рослин, що пов'язано як із наявністю додаткових біологічно активних екзометаболітів мікроорганізмів, які входять до складу інокулянтів, так і з підвищенням інтенсивності фіксації молекулярного азоту та поліпшенням азотного живлення рослин.

Іншими дослідженнями з інокуляції насіння сої мікробними препаратами відмічено позитивний вплив на зниження ураженості рослин патогенами. У фазі цвітіння на сої було відмічено ураження бактеріозом, пероноспорозом й альтернarioзом, ступінь поширення яких складав у середньому 4,5%, 6,2 та 11,1% відповідно. Найвищу біопротекторну ефективність інокулянтів було відмічено проти бактеріозу сої – 57–64%. Пероноспороз й альтернarioз бактеріальні препарати стримували на рівні 22–50% залежно від сорту культури. Найефективнішим виявився комплексний препарат Ековітал. Висока ефективність цього інокулянту пояснюється тим, що він додатково містить бактерії *Bacillus megaterium*, що належать до фосфатмобілізувальних бактерій, які проявляють широкий спектр захисних і рістстимуляційних властивостей. Обробка насіння бактеріальними препаратами на основі специфічних азотфіксувальних бактерій *Bradyrhizobium japonicum* також активно стимулювала наростання бульбочок на коренях рослин сої. За всі роки досліджень їх кількість у варіантах із застосуванням мікробних препаратів в 4–5 рази перевищувала контроль та у 2–3 рази – варіант з хімічними препаратами [9].

Дослідженням І.В. Федорук [10] встановлено, що поєднання сухого інокулянту на торфовій основі ХіСтік із рідкою формуляцією ХайКот Супер + ХайКот Супер Extender забезпечило найкращі результати серед усіх варіантів дослідів. Зокрема, пізньостиглий сорт Саска, маючи хороший генетичний і сортовий потенціал, після обробки інокулянтами додає 4,6 ц/га, що на 20,2% більше за контроль.

Позитивна дія азотфіксувальної мікробіоти на організм рослин полягає не лише в оптимізації її нітрогенного живлення та зростанням рівня продуктивності, сапрофітна мікробіота, потрапивши до ризосфери рослин, знижує ймовірність їх інфікування фітопатогенами, підвищуючи стійкість до більшості хвороботворних збудників а також ряду різноманітних стресантів [11]. Також проведення передпосівної інокуляції насіння мікробними біопрепаратами сприяє покращенню якості посівного матеріалу та активізує фотосинтетичні процеси та сприяє інтенсифікації фотосинтезу в бактеризованих рослинах [12].

Постановка завдання. Метою дослідження було встановлення впливу передпосівної інокуляції насіння сої біологічними препаратами мікробного походження на розвиток бобово-ризобіального комплексу та нітрогеназної активності.

Матеріали та методика дослідження. Дослідження проводили в польових та лабораторних умовах кафедри біології Уманського національного університету у 2024 році в посівах сої сорту Медея.

Насіння сої перед сівбою інокулювали мікробними препаратами на основі бульбочкових бактерій відповідно до схеми досліду: Ризоактив, марка Р (1 л/т, містить бульбочкові бактерій *Bradyrhizobium japonicum*, титр життєздатних клітин не менше $4,0 \times 10^9$ КУО/мл препарату); Нітродар (1,8 кг/т, містить клітини бульбочкових бактерій *Bradyrhizobium japonicum*, титр життєздатних клітин не менше $4,2 \times 10^{10}$ КУО/мл); Різолік LLI (2 л/т, містить клітини бульбочкових бактерій *Bradyrhizobium japonicum*, титр життєздатних клітин не менше $2,0 \times 10^{10}$ КУО/мл); Preside CL (1 л/т, містить клітини бульбочкових бактерій *Bradyrhizobium japonicum*, титр життєздатних клітин не менше $4,2 \times 10^{10}$ КУО/мл). Повторність досліду триразова.

Загальну чисельність і масу бульбочок *Bradyrhizobium japonicum* досліджували за методикою, описаною В.В. Волкогоном та ін. [13]. Визначення нітрогеназної активності бульбочок сої виконували за допомогою ацетилен-редуктазного методу і виражали у мікромолях C_2H_4 , утвореного з C_2H_2 однією рослиною за 1 год [14].

Виклад основного матеріалу дослідження. У результатів проведених досліджень встановлено, що застосування передпосівної інокуляції насіння сої мікробними препаратами на основі штамів бульбочкових бактерій впливала на зміну активності бобово-ризобіального комплексу культури.

Так, зокрема, при дослідженні кількості бульбочок виявлено, що у фазі цвітіння культури за використання Ризоактиву кількість бульбочок на 1 рослині зросла порівняно з контрольним варіантом на 6,4 шт, тоді як на інокуляції насіння Нітродаром – на 8,7 шт. У разі бактеризації насіння сої мікробним препаратом Різолік LLI виявлено збільшення кількості бульбочок на 1 рослині проти контролю на 14,4 шт. Найбільша чисельність бульбочок спостерігалася за передпосівної обробки насіння препаратом Preside CL. У цьому варіанті досліду відмічено зростання кількості бульбочок у порівнянні з контролем на 18,0 шт/рослину, що також на 3,6 шт/рослину перевищувало значення у варіанті з використанням препарату Різолік (рис. 1).

Поряд із зростанням чисельності бульбочок на 1 рослині, спостерігалася також і збільшення їх маси. Так, зокрема, за обробки насіння Ризоактивом відмічено перевищення контрольного варіанту досліду стосовно маси бульбочкових бактерій на 0,149 г/рослину. За інокуляції насіння Нітродаром спостерігалася зростання маси бульбочок на 0,197 г/рослину. Серед усіх варіантів досліду найбільша маса бульбочок спостерігалася за бактеризації насіння препаратами Різолік LLI та Preside CL, що перевищувало показники контрольного варіанту на 0,239 та 0,263 г/рослину відповідно (рис. 2).

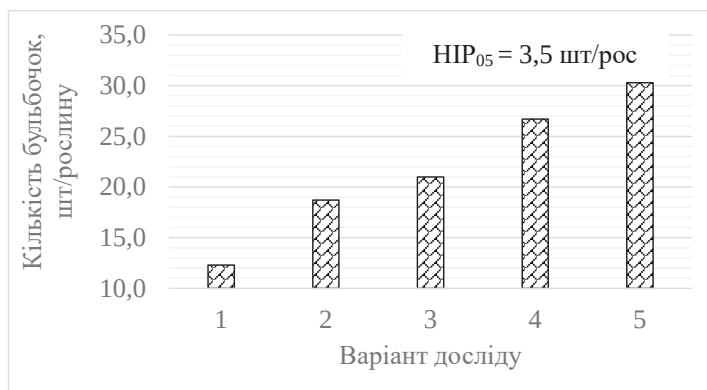


Рис. 1. Кількість бульбочок на коренях сої за передпосівної обробки насіння мікробними препаратами, фаза цвітіння, 2024 р.

1. Контроль (без препаратів); 2. Ризоактив; 3. Німродар; 4. Різолік LLI;
5. Preside CL

Зростання як чисельності, так і маси бульбочок на коренях сої після інокуляції мікробними препаратами на основі бульбочкових бактерій пояснюється низкою фізіологічних, біохімічних та екологічних чинників. Так, застосування інокулянтів забезпечує високу стартову концентрацію *Bradyrhizobium japonicum* (10^9 – 10^{10} КУО/мл, залежно від препарату), що створює сприятливі умови для швидкої колонізації ризосфери.

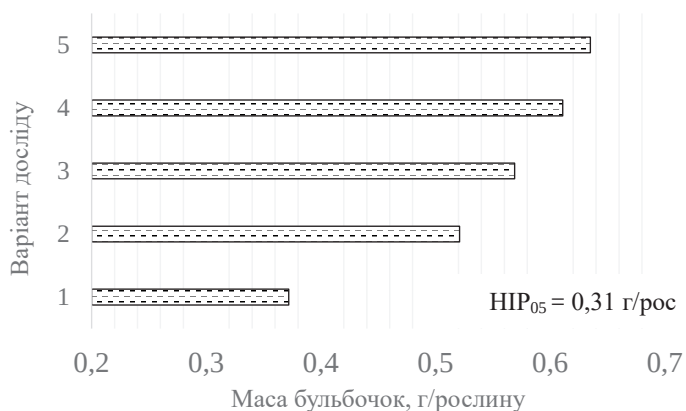


Рис. 2. Маса бульбочок на коренях сої за передпосівної обробки насіння мікробними препаратами, фаза цвітіння, 2024 р.

1. Контроль (без препаратів); 2. Ризоактив; 3. Німродар; 4. Різолік LLI;
5. Preside CL

У свою чергу, рослини сої виділяють флавоноїди, які індукують хемотаксис бактерій до коренів і стимулюють синтез Nod-факторів, що ініціюють утворення бульбочок. Також відомо, що сучасні інокулянти включають захисні матриці

(торф, гелі, біополімери), які підтримують життєздатність бактерій та сприяють їх поступовому вивільненню в зоні коренів [15–18].

Подальше дослідження формування бобово-ризобіального комплексу сої за передпосівною інокуляції насіння показало, що поряд із збільшенням числа та маси бульбочок на коренях рослин, спостерігається також і зростання азотфіксувальної активності бульбочок, про що свідчить підвищення нітрогеназної активності (рис. 3).

Так, у разі інокуляції насіння сої мікробним препаратом Ризоактив відмічено зростання нітрогеназної активності порівняно з контролем на 1330 нМоль етилену/рослину/год, тоді як за обробки насіння Нітродаром – на 1592 нМоль етилену/рослину/год. Найвищий азотфіксувальний потенціал відмічено у рослин на варіантах досліді із передпосівною бактеризацією насіння мікробними препаратами Різолік LLI та Preside CL. Тут перевищення нітрогеназної активності, порівнюючи з контролем, складало 1678 та 1765 нМоль етилену/рослину/год відповідно.

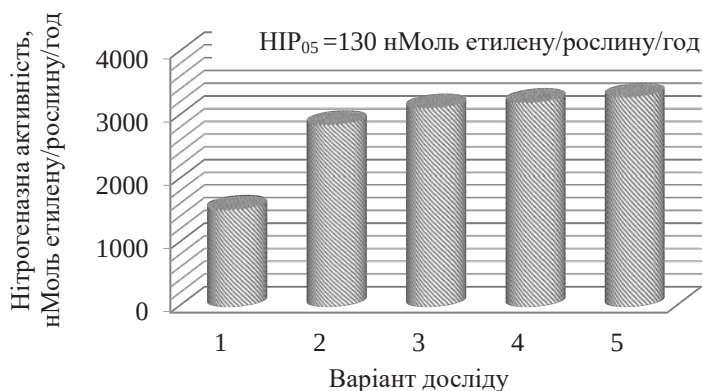


Рис. 3. Азотфіксувальна здатність сої за передпосівної обробки насіння мікробними препаратами, фаза цвітіння, 2024 р.

1. Контроль (без препаратів); 2. Ризоактив; 3. Нітродар; 4. Різолік LLI; 5. Preside CL

Зростання азотфіксувальної активності бульбочок, скоріш за все, спричинено тим, що зростання кількості та маси бульбочок створює стабільне симбіотичне середовище, в якому бактерії отримують від рослини вуглеводи, що стимулює їх подальше розмноження. Сукупність цих чинників забезпечує не лише різке зростання кількості *Bradyrhizobium japonicum* у прикореневій зоні, але й підвищує ефективність біологічної азотфіксації.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Отримані результати свідчать, що передпосівна інокуляція насіння сої мікробними препаратами на основі бульбочкових бактерій значно покращує формування бобово-ризобіального комплексу. Найефективнішими виявилися препарати Preside CL та Різолік LLI, які забезпечили максимальне збільшення кількості та маси бульбочок, а також найвищу нітрогеназну активність. Очевидно, це спричинено високою початковою концентрацією *Bradyrhizobium japonicum* та активною симбіотичною взаємодією з рослиною. Отримані дані вказують на перспективність використання сучасних інокулянтів для підвищення ефективності біологічної азотфіксації у вирощуванні сої.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Кобак С. Мікробні препарати – перспективний напрям у землеробстві України. Агробізнес сьогодні. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://surl.li/jczkjq>
2. Комок М.С., Волкогон В.В., Косенко Л.В. Ефективність симбіозу бульбочкових бактерій з рослинами сої в залежності від виду біопрепарату. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2010. Т. 11. С. 7–20.
3. Болоховський В.В., Бородай В.В., Косовська Н.А., Болоховська В.А., Нагорна О.В., Яковенко Д.О., Кузьмич В.І. Вплив біопрепаратів Граундфікс та Екостерн на мікробіоту ґрунту за вирощування сої (*Glycine max* L.). *Агроекологічний журнал*. 2024. №3. С. 156–163.
4. Патица В. П., Гнатюк Т. Т., Булеца Н. М., Кириленко Л. В. Біологічний азот у системі землеробства. *Землеробство*. 2015. 32. С. 12–20.
5. Коць С.Я., Кукол К.П. Вплив пестицидів на бульбочкові бактерії у чистій культурі та реалізацію їх симбіотичного потенціалу. *Фізіологія рослин і генетика*. 2021. Т. 53. 33. С. 240–261.
6. Дідович С.В., Кулініч Р.О. Високопродуктивні рослинно-мікробні системи в агроценозах бобових культур. *Корми і кормовиробництво*. 2013. №76. С. 184–186.
7. Петриченко В.Ф., Коць С.Я. Симбіотичні системи у сучасному сільськогосподарському виробництві. *Вісник НАН України*. 2014. №3. С. 57–66.
8. Кириченко О.В., Мокрицький К.А. Посівні властивості насіння сої за інтродукції діазототрофних мікроорганізмів. *Фізіологія рослин та генетика*. 2017. Т. 49. №4. С. 347–357.
9. Сергієнко В. Г., Титова Л. В. Вплив бактеріальних препаратів на розвиток і продуктивність сої. Агробізнес сьогодні. 2020. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://surl.li/prxxndp>
10. Федорук І.В. Вплив інокуляції насіння на врожай сої. *Таврійський науковий вісник*. 2019. № 108. С. 110–116.
11. Yang J.W., Kloepper J.W., Ryu C.M. Rhizosphere bacteria help plants tolerate abiotic stress. *Trends Plant Sci*. 2009. №14. С. 1–4.
12. Капінос М.В., Калитка В.В. Вплив регуляторів росту рослин і мікробних препаратів на проростання насіння та початковий ріст гороху посівного (*Pisum Sativum* L.) *Таврійський науковий вісник*. 2016. №96. С. 66–73.
13. Волкогон В. В., Надкернична О. В., Токмакова Л. М. та ін. Експериментальна ґрунтова мікробіологія. За редакцією В. В. Волкогона. К: Аграрна наука. 2010. 464 с.
14. Hardy R.W.F., Burns R.C., Holsten R.D. Application of the acetylene-ethylene assay for measurement of nitrogen fixation. *Soil. Biol. Biochem*. 1973. №5 (1). С. 41–83.
15. da Silva Batista, J. S., Hungria, M. Proteomics reveals differential expression of proteins related to a variety of metabolic pathways by genistein-induced *Bradyrhizobium japonicum* strains. *Journal of Proteomics*. Vol.75. Iss. 4. P. 1211–1219.
16. Gatabazi A., Vorster B.J., Mvondo-She M.A., Mangwende E., Mangani R., Hassen A.I. Efficacy of peat and liquid inoculant formulations of *Bradyrhizobium japonicum* strain WB74 on growth, yield and nitrogen concentration of soybean (*Glycine max* L.). *Nitrogen* 2021. №2. P. 332–346.
17. Maryland A. Effect of numbers of *Bradyrhizobium japonicum* applied on soybean nodulation. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 1992. Vol. 155. Iss. 3. P. 241–244.
18. Spaink H. P. The molecular basis of infection and nodulation by rhizobia: the ins and outs of sympathogenesis. *Annual Review Of Phytopathology*. 1995. № 33. P. 345–368.

УДК 502.3/7 + 574 + 579.6

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.144.39>

ВПЛИВ БІОДЕСТРУКТОРІВ РОСЛИННИХ РЕШТОК НА ФЕРМЕНТАТИВНУ АКТИВНІСТЬ ҐРУНТУ

Мовчан І.П. – аспірант,

Інститут агроекології і природокористування

Національної академії аграрних наук України

orcid.org/0009-0002-0647-6133

Бунас А.А. – к.б.н., с.д.,

старший науковий співробітник лабораторії екології мікроорганізмів,

Інститут агроекології і природокористування

Національної академії аграрних наук України

orcid.org/0000-0003-4806-7004

Шерстобосєва О.В. – д.с.-г.н., професор,

провідний науковий співробітник відділу агроекології і біобезпеки,

Інститут агроекології і природокористування

Національної академії аграрних наук України

orcid.org/0000-0001-8239-0847

Одним із ключових чинників деградації агроєкосистем є надмірне накопичення рослинних решток на поверхні ґрунту в поєднанні зі зниженням метаболічної активності ґрунтової мікробіоти. Це спричиняє погіршення агрофізичних властивостей ґрунту, порушення в балансі ґрунтоутворних процесів та трансформації органічної речовини в агроценозах та підвищення ризику розвитку фітопатогенних мікроорганізмів, які накопичуються в органічних рештках та ґрунті. Відповідно такі виклики актуалізують необхідність перегляду традиційних агротехнологій і введення екологізації агротехнологій шляхом застосування біодеструкторів.

Метою дослідження було оцінювання ефективності деструкції пшеничної соломи під дією біодеструкторів Polymix, MicoCell та їх поєднання з аміачною селітрою в лабораторних умовах шляхом визначення ферментативної активності ґрунту. Об'єктом дослідження слугував чорнозем типовий, у який вносили подрібнену солому та біопрепарати в різних варіантах. В дослідженні визначали зміну маси соломи, рівень уреазної, поліфенолоксидазної та пероксидазної активності, а також розраховували ферментативні індекси (Knp та Іф).

Результати засвідчили, що комбіноване застосування Polymix і MicoCell сприяло найвищому рівні уреазної активності (4,0 мг N-NH₄/г/год) та зниженню маси соломи на 23,2 % порівняно з контролем. Активність поліфенолоксидази й пероксидази для даного варіанту зростала у 6,4 та 3,5 рази відповідно. Розраховані індекси Іф (1,97) та Knp (1,08) вказують на інтенсифікацію аеробних окисно-відновних процесів у ґрунті.

Таким чином, ферментативна активність це чутливий індикатор ефективності мінералізації органічних решток в екосистемах і маркер біологічної активності мікробіому при застосуванні біопрепаратів, що підтверджує доцільність їх інтеграції в агротехнології сталого землеробства.

Ключові слова: пероксидаза, поліфенолоксидаза, уреаза, біодеструктори, ґрунт, ферментативний індекс окисно-відновної активності (Іф), коефіцієнт поліфенолоксидазної-пероксидазної активності (Knp), органічна речовина ґрунту, солома.

Movchan I.P., Bunas A.A., Sherstoboieva O.V. The effect of biodestructors of plant residues on the enzymatic activity of soil

One of the key factors contributing to agroecosystem degradation is the excessive accumulation of plant residues on the soil surface, combined with a decline in the metabolic activity of soil microbiota. This leads to the deterioration of soil physical properties, disruption of soil-forming processes and organic matter transformation in agroecosystems, and an increased

risk of phytopathogenic microorganisms development, which accumulate in plant debris and soil. These challenges highlight the need to revise traditional agricultural practices and promote the ecological intensification of farming systems, including the use of biodestructors.

The aim of the study was to assess the efficiency of wheat straw decomposition under the action of biodestructors Polymix, MicoCell, and their combination with ammonium nitrate under laboratory conditions by measuring soil enzymatic activity. The object of the research was typical chernozem, to which chopped straw and biological preparations were added in various combinations. The study evaluated changes in straw mass, levels of urease, polyphenol oxidase, and peroxidase activities, and calculated enzymatic indices (Kpp and If).

The results showed that the combined application of Polymix and MicoCell resulted in the highest urease activity (4.0 mg N-NH₄/g/h) and a 23.2% reduction in straw mass compared to the control. Polyphenol oxidase and peroxidase activities in this variant increased by 6.4 and 3.5 times, respectively. The calculated indices If (1.97) and Kpp (1.08) indicated the intensification of aerobic oxidative-reductive processes in the soil.

Thus, soil enzymatic activity is a sensitive indicator of the efficiency of organic residue mineralization and a marker of microbial biological activity under the influence of biopreparations, which supports the feasibility of their integration into sustainable agriculture technologies.

Key words: peroxidase, polyphenol oxidase, urease, biodestructors, soil, enzymatic redox activity index (ERI), polyphenol oxidase-peroxidase activity coefficient (POC), soil organic matter, straw.

Постановка проблеми. У сучасних умовах глобальних викликів зміни клімату, деградації ґрунтів та зниження родючості виникає необхідність переосмислення технологій ведення сільського господарства. Одним із ключових чинників деградації агроландшафтів є накопичення пожнивних решток і зниження активності ґрунтової мікробіоти, що призводить до зменшення вмісту гумусу, погіршення структури ґрунту та зростання фітопатогенних загроз. За даними Інституту ґрунтознавства і агрохімії ім. О.Н. Соколовського [1], понад 30 % орних земель України мають тенденцію до втрати родючості, а вміст гумусу в чорноземах Правобережного Лісостепу за останні 30 років знизився з 4,5 % до 3,1–3,3 %. Одночасно, за оцінками FAO [2], щорічно у світі втрачається близько 75 млрд. т родючого ґрунту, що прямо впливає на продовольчу безпеку.

Великою проблемою для сільськогосподарських підприємств стає солома і післяякісні рештки. Особливо це актуально, якщо господарства профілюються лише на рослинництві та зосереджені на короткопільній сівозміні де виключно займаються вирощуванням кукурудзи та соняшника. Солома стає логістичною та економічною проблемою, оскільки її спалювання чи вивезення є економічно нецільними. Раціональною та екологічно безпечною альтернативою поводження з соломою є застосування біодеструкторів. Внесення деструкторів у ґрунт сприяє збагаченню мікробіологічного угруповання корисними мікроорганізмами та продуктами їх метаболізму, відбувається пригнічення розвитку фітопатогенів і сапрофітів. Вивільнений вуглець соломи включається в основні ґрунтотвірні процеси синтезу гумінових та фульвокислот.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У біосфері, азотний та вуглецевий цикли є ключовими у біогеохімічних ланцюгах органічних елементів, які дозволяє здійснювати трансформацію органічних сполук між → атмосферою.

За експертними оцінками, глобальне виробництво органічних залишків у агро-екосистемах оцінюється в 3,8 мільярда тонн на рік, де 74 % від зернових культур, 10 % – від цукрових рослин, 8 % – від бобових, 5 % – від бульб та 3 % – від олійних культур [3]. Відомо, що близько 75–80 % органічної речовини, яка щорічно потрапляє в ґрунт (органічні добрива, рослинні та тваринні рештки), проходить процеси мінералізації і лише 20–25 % їх трансформується в нові стабільні органічні сполуки [4–6]. Доведено, що заорювання соломи та інших органічних решток

у ґрунт упродовж 7–8 років підвищує вміст гумусу в дерново-підзолистому ґрунті на 0,24 %, південному чорноземі – на 0,2 % [7, 8].

Одним з індикаторів біологічного «здоров'я» ґрунту, який дозволяє охарактеризувати ступінь трансформації органічної речовини, засвоєння поживних речовин є ферментативна активність. Основні ферменти, які дозволяють оцінити деструкцію органічних речовин у ґрунті є уреаза, поліфенолоксидаза, пероксидаза.

Показник уреазної активності ґрунту є індикатором здатності до розкладання сечовини, яка є основою рослинних залишків, добрив, гною і т.д. Уреаза у своєму активному центрі містить йони нікелю (Ni^{2+}), найчастіше цей фермент синтезують мікроорганізми родів *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Proteus*, *Rhizobium*, *Streptomyces* та ін. [9, 10]. Оцінювання уреазної активності в поєднанні з іншими ферментативними показниками (β -глюкозидаза, фосфатаза, пероксидаза, поліфенолоксидази, протеази) є основою біоіндикації ґрунтів; моніторингових досліджень, що дозволяє спрогнозувати динаміку циклу азоту, визначати ризики втрат та інше [11]. За даними українських дослідників [12] застосування препаратів на основі мікроорганізмів родів *Bacillus* і *Trichoderma* підвищує уреазну активність ґрунту на 30–60 % відносно контролю. Внесення біодеструкторів у агроценоз, сприяло зростанню уреазної активності в 1,5–3 рази [13]. Інший експеримент показав, що в макроагрегатах за умови внесення компосту активність уреази підвищувалась на 22–39 % порівняно з контролем, що сприяло формуванню більш стабільних органічних фракцій і покращенню водоутримуючої здатності структури ґрунту [14].

Як поліфенолоксидаза так і пероксидаза відносяться до класу оксидоредуктаз, які каталізують окиснення фенольних сполук, зокрема лігніну, основного і найбільш стійкого компоненту рослинних решток. Саме поліфенолоксидаза і пероксидаза є ключовими при деструкції органічних речовин та формуванні стабільних гумусових структур у ґрунті. Мікроорганізми родів *Trichoderma*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Streptomyces* та ін., активізує ферментативні процеси у ґрунті, завдяки цьому підвищується швидкість мінералізації органіки та включення вуглецю до гумусових фракцій ґрунту. Згідно з дослідженнями [7, 8], при регулярному внесенні біодеструкторів і органічних залишків у ґрунт, активність ПФО і ПО збільшується в 1,5–2,3 рази, що корелює з підвищенням вмісту гумусу.

Дослідження Leaseburg [15] показало, що внесення органічних добрив, таких як компост та гній значно підвищувало активність пероксидази, поліфенолоксидази, уреази. Автори встановили позитивну кореляцію між активністю ферментів і швидкістю мінералізації азоту, що дозволяє вважати ці ферменти біохімічними маркерами ефективності деструкції органічної речовини. Найвищі значення поліфенолоксидази і пероксидази спостерігались у варіантах із внесенням сидератів та гною, що містили лігноцелюлозні субстрати.

Отже виходячи з вище викладеного оцінювання ферментативної активності ґрунту при застосуванні біодеструкторів набуває актуального значення як для прогнозування стану ґрунту в умовах змін клімату та деградації ґрунтових ресурсів, інтенсифікації процесів трансформації органічних решток так і виявлення функціональності штучносформованих мікробіомів під дією інтродукованих мікроорганізмів.

Постановка завдання. Мета дослідження – визначити ефективність розкладання соломи та ферментативну активність ґрунту при застосуванні біодеструкторів у контрольованих умовах. Лабораторний дослід проведено у відділі агроєкології і біобезпеки, Інституту агроєкології і природокористування НААН.

Тривалість дослідів складала 60 діб з наступними варіантами:

1. контроль – стерильна вода;
2. аміачна селітра (АС) – добриво вносили в нормі 10 кг/га
3. Polymix (бактеріальний деструктор, 1 кг/га) + АС;
4. MicoCell (мікроміцетний деструктор, 1 кг/га) + АС;
5. Polymix + MicoCell + АС.

Дослід проводився у пластикових ємностях, маса ґрунту – 5 кг на 1 повторення. Ґрунт – чорнозем типовий, $pH_{\text{сол}}$ – 6,7, вміст гумусу – 4,2 %. В якості джерела органічної речовини використовували подрібнену пшеничну солому в нормі 20 г/кг ґрунту. Ґрунт зволожували стерильною водою до 40-45 %, ємності накривали скляними пластинами, температура – 20–22 С.

У зразках ґрунту перед закладанням дослідів та через 60 діб культивування визначали: $pH_{\text{сол}}$, вміст гумусу [16]; масу соломи ваговим методом; поліфенолоксидазну, пероксидазну та уреазну активність ґрунту фотоколориметрично [17].

На основі ферментативних активностей розраховували [18]:

• *ферментативний індекс окисно-відновлювальної активності* ($I\Phi = (ПФО+ПО)/2$) – це інтегральний показник інтенсивності аеробних мікробіологічних процесів, які пов'язані з окисненням органічних решток, мінералізацією вуглецю та азоту та функціонуванням гумусового циклу. Високий індекс свідчить про активну деструкцію органічної речовини під дією мікробіому, низький – вказує на пригнічення окисних процесів і домінування анаеробних процесів, відповідно і зниження біодеструкції;

• *коефіцієнт поліфенолоксидазно-пероксидазної активності* ($K_{пп} = (ПФО/ПО)$), який дозволяє оцінити окисдазивну активність ґрунту, що відповідає за окиснення лігніну, поліфенолів, флаванолів і гумінових речовин. Даний показник дозволяє оцінити спрямованість процесів гумусоутворення та здатність ґрунту до окиснення фенольних сполук та їх полімерізації.

Математико-статистичне оброблення отриманих результатів проводили за допомогою стандартних комп'ютерних програм Statistica та Microsoft Excel.

Виклад основного матеріалу досліджень. Результати лабораторного дослідження впливу біодеструкторів на агрохімічні показники та ферментативну активність ґрунту представлено в таблиці 1 та 2.

Аналіз ґрунту на 60 добу після внесення деструкторів не виявив змін у вмісті гумусу. Незмінне значення гумусу (4,2 %) при застосуванні біодеструкторів найвірогідніше пов'язане з коротким терміном лабораторного експерименту.

Таблиця 1

Агрохімічні показники ґрунту при застосуванні біодеструкторів

Варіант	Маса соломи, г	$pH_{\text{сол}}$	Вміст гумусу, %
Зразок ґрунту до закладання дослідів	20	6,7	4,2
Контроль	18,95±1,29	6,68	4,2
Аміачна селітра (АС)	17,76±1,12	6,72	4,2
Polymix+АС	15,71±1,12	6,71	4,2
MicoCell+АС	15,46±1,17	6,76	4,2
Polymix+MicoCell+АС	15,37±1,11	6,74	4,2

Наше твердження узгоджується з опублікованими результатами дослідження [8, 14], що істотне зростання гумусового горизонту спостерігається лише за багаторічного

систематичного внесення біопрепаратів, зокрема при використанні органо-мінеральних технологій. Показники рН також були стабільними і мали незначні коливання, це пов'язане з тим, що внесення біопрепаратів, а саме життєдіяльність та метаболізм мікроорганізмів у ґрунті підтримує буферну здатність ґрунтового середовища.

У досліді визначали зміну маси внесеної у ґрунт соломи. Встановлено, що комбінування біодеструкторів з аміачною селітрою сприяє пришвидшеному розкладанню соломи з різною ефективністю, відносно контрольного варіанту та монозастосування аміачної селітри. Виявлено, що на 60 добу дослідження, поєднання біодеструкторів Polymix та MicoCell сприяли конверсії внесеної соломи на 23,2 % (маса соломи становила 15,37 г) відносно контролю досліді (18,95 г). Застосування бактеріального деструктора Polymix сприяло деструкції соломи на 20% відносно контрольного варіанту, а грибового деструктора MicoCell на 22,6 %.

Визначення ферментативної активностей (уреаза, поліфенолооксидаза, пероксидаза) ґрунту показало зростання досліджуваних показників у варіантах де застосовували біопрепарати та їх комбінацію порівняно з контролем (табл. 2).

Таблиця 2

Ферментативна активність ґрунту при застосуванні біодеструкторів

Варіант	Уреазна активність, мг N-NH ₄ /г/год	Поліфенолоксидаза, мг*г-1*год-1	Пероксидаза, мг*г-1*год-1	Кпп	Іф
Зразок ґрунту до закладання досліді	0,88±0,027	0,3±0,02	0,42±0,02	0,71	0,36
Контроль	1,1±0,036	0,32±0,02	0,54±0,02	0,59	0,43
Аміачна селітра (AC)	1,9±0,042	0,84±0,05	0,88±0,06	0,95	0,86
Polymix+AC	2,8±0,04	1,76±0,1	1,69±0,1	1,04	1,73
MicoCell+AC	3,4±0,047	1,85±0,12	1,74±0,1	1,06	1,8
Polymix+MicoCell+AC	4±0,061	2,04±0,12	1,89±0,12	1,08	1,97

У варіанті де застосовували аміачну селітру уреазна активність становила 1,9 мг N-NH₄/г/год, що в 1,7 раза вище порівняно з контролем (1,1 мг N-NH₄/г/год). Встановлено, що моно застосування біодеструкторів Polymix чи MicoCell сприяло зростанню уреазної активності ґрунту у 2,5 та 3 рази, відповідно. На нашу думку це пов'язано з мікробіологічним складом біодеструкторів та метаболічною здатністю мікроорганізмів-агентів до синтезу екзоферментів у тому числі і уреазі. Вищий рівень уреазної активності у варіанті де застосовували MicoCell, найвірогідніше пов'язаний з активністю мікроміцетів, які входять у склад біодеструктора. Вважаємо, що мікроміцети порівняно з бактеріями краще колонізують внесену солому та ефективніше її мінералізують. Це твердження підтверджують результати отримані у варіанті де застосовували аміачну селітру, рівень уреазі був найнижчий. Найвищий рівень уреазної активності, 4,0 мг N-NH₄/г/год, що перевищує контроль у 3,6 рази, відмічали при застосуванні Polymix в поєднанні з MicoCell. На нашу думку, це пов'язано з ефективністю мікробіоценозу, який утворюється за інтродукції бактерій та мікроміцетів. Вважаємо, що утворенні мікробні угруповання володіють синергічним ефектом, що дозволяє забезпечити повну деградацію органічних залишків. Наші дані узгоджуються з даними Llado та ін. [19], котрий наголошує, що синергічний ефект мікробного угруповання може бути зумовлений також поліпшенням трофічних зв'язків між мікроорганізмами та підвищенням сумарної біомаси ґрунтової мікрофлори.

Подібні закономірності прослідковуються при визначенні поліфенолоксидазної та пероксидазної активностей. Саме активність цих ферментів відображають обсяг окислювально-відновних процесів у ґрунті і є маркерами біохімічного перетворення органічних залишків. Внесення аміачної селітри спричиняло зростання поліфенолоксидази у 2,6 рази ($0,84 \text{ мг} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$), а вміст поліфенолоксидази зростав у 1,6 рази ($0,88 \text{ мг} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$) порівняно з контрольним варіантом. Найвищі показники поліфенолоксидазної активності зафіксовані у варіантах де застосовували MicoCell – $1,85 \text{ мг} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$ та комбінували Polymix з MicoCell – $2,04 \text{ мг} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$. Значення поліфенолоксидазної активності для даних варіантів був у 5,8 та 6,4 рази відповідно вище, показника контрольного варіанту (поліфенолоксидаза складала – $0,32 \text{ мг} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$). Пероксидазна активність у варіантах де застосовувались деструктори зростала понад як у 3 рази порівняно з контролем та понад як у 4 рази відносно ґрунту до закладання досліду. Зафіксовано максимальне значення пероксидазної активності у варіанті де поєднували застосування Polymix та MicoCell – $1,89 \text{ мг} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$, що у 3,5 рази вище пероксидази у контрольному варіанті.

Розрахований ферментативний індекс окисно-відновлювальної активності для досліджуваних варіантів коливався в межах 0,59 – 1,08. У контрольних варіантах (ґрунт у досліді, але без внесення речовин, які сприяють деструкції органіки і ґрунт до початку досліду) показник Кпп становив 0,59 і 0,71, відповідно. Отже у зразках ґрунту контрольних варіантів домінувала пероксидазна активність. Така тенденція характерна для ґрунтів з уповільненими процесами деградації органіки, зокрема лігніну, що може бути пов'язано із низькою мікробною активністю або обмеженою доступністю фенольних субстратів. У дослідних варіантах де застосовували біодеструктори, показники Кпп фіксували у межах 1,04–1,08, що свідчить про активацію поліфенолоксидазної активності. Це, у свою чергу, вказує на інтенсифікацію процесів окиснення фенольних і лігноцелюлозних сполук – важливих стадій у трансформації органічної речовини в стабільні гумусоподібні структури. Переважання РРО-активності також відображає посилення ролі аеробної мікробіоти (зокрема, бактерій роду *Pseudomonas* та грибів *Trichoderma*), які здатні продукувати оксидазні ферменти та входять до складу досліджуваних деструкторів.

Розрахований ферментативний індекс (Іф) фіксували у межах 0,36 (зразок ґрунту до початку досліду), 0,43 – контролю і до 1,97 для досліджуваних варіантів. Отже розрахований Іф свідчить про підвищення сумарної окисно-відновної ферментативної активності ґрунту досліджуваних варіантів. Відповідно, встановлений Іф свідчить про активну мобілізацію вуглецю та азоту в ґрунті досліду, що підтверджується інтенсивним розкладанням органічних решток.

Висновки. Отже, отримані результати дослідження доводять що ферментативна активність ґрунту є функціональним показником результативності конверсії органічних решток та маркером стану сформовано мікробіому під впливом застосованих біодеструкторів. Внесення біодеструкторів Polimix, MicoCell, та їх поєднання значно активізує мікробіологічні та ферментативні процеси в ґрунті, сприяє інтенсивнішому розкладу соломи, покращує азотний обмін і загалом є ефективною біотехнологічною практикою для прискореної мінералізації рослинних решток у агроєкосистемах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Лактіонова Т. М., Бігун О. М., Шейко С. М., Накісько С. Г. Реєстр еталонних фізичних параметрів орних ґрунтів України і рекомендації щодо оцінювання фізичної якості ґрунту. Харків: ТОВ «Смугаста типографія», 2016. 44 с.

2. FAO. The future of food and agriculture – Drivers and triggers for transformation. 2022. № 3, 444. <https://doi.org/10.4060/cc0959en>
3. Копилов Є. П., Шаховніна О. О., Надкернична, О. В., Новікова Т. П., Тарасов, В. В. Мікроміцети кореневої зони рослин сої культурної та їхня функціональна дія на рослини. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2022. № 36. С. 13-27. <https://doi.org/10.35868/1997-3004.36.13-27>
4. Pysarenko V., Pischalenko M., Chaika T., Lohvynenko V., Krupska N., Koroleviat Y., Kirieiev Y. The impact of bio-stimulators on zucchini plants under pre-sowing seed treatment. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. № 26 (4). P. 9-13. doi: 10.31210/spi2023.26.04.02
5. Grzyb A., Wolna-Maruwka A., Niewiadomska A. Environmental Factors Affecting the Mineralization of Crop Residues. *Agronomy*. 2020. № 10 (12). <https://doi.org/10.3390/agronomy10121951>
6. Chen, M., Li, Q., Liu, C., Meng, E., & Zhang, B. Microbial Degradation of Lignocellulose for Sustainable Biomass Utilization and Future Research Perspectives. *Sustainability*. 2025. № 17(9), 4223. <https://doi.org/10.3390/su17094223>
7. Rowinska P., Gutarowska B., Janas R., Szulc J. Biopreparations for the decomposition of crop residues. *Microbial Biotechnology*. 2024. V. 17. Is. 8. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.14534>
8. Гадзало Я. М., Вожегова Р. А., Лікар Я. О. Ефективність застосування мікробних препаратів деструкторів на рослинних рештках у процесі їх мінералізації після збирання. *Аграрні інновації*. 2023. № 19. С. 24-33. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.19.4>
9. Mobley H., Hausinger R. Microbial ureases: significance, regulation, and molecular characterization. *Microbiol. Rev.* 1989. V. 53 (1). P. 85-108. <https://doi.org/10.1128/mr.53.1.85-108.1989>
10. Carter E., Flugga N., Boer J., Mulrooney S., Hausinger R. Interplay of metal ions and urease. *J. Biol. Chem.* 2009. V. 284 (13). P. 8321-8329. <https://doi.org/10.1074/jbc.M809731200>
11. Demyanyuk O. S., Patyka V. P., Sherstoboeva O. V., Bunas, A. A. Formation of the structure of microbiocenoses of soils of agroecosystems depending on trophic and hydrothermal factors. *Biosystems Diversity*. 2018. V. 26(2). P. 103-110. doi:10.15421/01181
12. Ситник І. М., Гусарова Л. І. Деструкція рослинних решток і ферментативна активність ґрунту за дії біопрепаратів. *Ґрунтознавство*. 2021. № 22(3). С. 45-52.
13. Zhao R., Liu J., Xu N., He T., Meng J., Liu Z. Urea hydrolysis in different farmland soils as affected by long-term biochar application. *Front. Environ. Sci.* 2022. 10:950482. doi: 10.3389/fenvs.2022.950482
14. Chaves B., Redin M., Giacomini S.-J., Schmatz R., Leonard J., Ferchaud F., Recous S. The combination of residue quality, residue placement and soil mineral N content drives C and N dynamics by modifying N availability to microbial decomposers. *Soil Biology and Biochemistry*. 2021. V. 163. 108434. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2021.108434>
15. Leaseburg E. E., Lei L., Fink L. S. Effects of Organic Amendments on Phenol Oxidase, Peroxidase, Urease, and Nitrogen Mineralization: A Laboratory Incubation Study. *Agrochemicals*. 2022. № 1 (1). P. 3-16. <https://doi.org/10.3390/agrochemicals1010002>
16. Агрохімічний аналіз : підручник / М.М. Городній, А.П. Лісовал, А.В. Бикин та ін. / За ред. М.М. Городнього, 2-е видання. Київ : Арістей, 2005. 476 с.
17. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. Грицаєнко З.М., Грицаєнко А.О., Карпенко В.П. / – К.: ЗАТ «НІЧЛА-БА», 2003. 320 с.
18. Kuncheva G., Ivanova I., Gynchev G. Soil peroxidase and polyphenoloxidase activity under soil conservation practices on sloping terrains. *BIO Web of Conferences*. 2024. № 122, 01018. C. 2-8. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202412201018>
19. Llado, S., Lopez-Mondejar, R., Baldrian, P. Forest soil bacteria: diversity, involvement in ecosystem processes, and response to global change. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*. 2017. № 81(2), e00063-16. <https://doi.org/10.1128/MMBR.00063-16>

УДК 631.42:539.163.3:633.17(477.83)

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.144.40>

ІНТЕНСИВНІСТЬ ВИНЕСЕННЯ АМАРАНТОМ ЦЕЗІЮ-137 ІЗ СІРОГО ЛІСОВОГО ҐРУНТУ В УМОВАХ ЗАХІДНОГО РЕГІОНУ УКРАЇНИ

Разанов С.Ф. – д.с.-г.н.,

професор кафедри лісового та садово-паркового господарства,

Вінницький національний аграрний університет

orcid.org/0000-0002-4883-2696

Разанова А.М. – д.філос. з екології,

старший викладач кафедри лісового та садово-паркового господарства,

Вінницький національний аграрний університет

orcid.org/0000-0002-3546-3692

Дудів А.І. – к.с.-г.н.,

доцент кафедри сталого природокористування та захисту довкілля,

Львівський національний університет ветеринарної медицини

та біотехнологій імені С.З. Гжицького

orcid.org/0000-0002-4436-9008

Мазурак І.В. – к.с.-г.н.,

в.о. доцента кафедри технологій у рослинництві,

Львівський національний університет ветеринарної медицини

та біотехнологій імені С.З. Гжицького

orcid.org/0009-0006-2838-5282

Мищенко Б.Д. – аспірант кафедри екології

та охорони навколишнього середовища,

Вінницький національний аграрний університет

orcid.org/0009-0001-8219-3058

Проблема радіоактивного забруднення ґрунтів внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС залишається актуальною для аграрного сектору України. Цезій-137, що зберігає радіоактивність протягом десятків років, продовжує мігрувати в агроєкосистемах, впливаючи на якість сільськогосподарської продукції. В умовах обмеженої доступності дорогих методів рекультивациі особливої значущості набуває фіторе mediaція – біологічний процес вилучення радіонуклідів шляхом їх накопичення в рослинній біомасі. Амарант (*Amaranthus* spp.) вирізняється високою врожайністю та широким потенціалом застосування як у тваринництві, так і в харчовій промисловості. Однак рівень накопичення цезію-137 цією культурою, вирощеною на сірих лісових ґрунтах Західного регіону України, вивчено недостатньо. Метою дослідження було визначення питомої активності цезію-137 у надземній вегетативній масі й насінні амаранту, коефіцієнтів небезпеки та розрахунок обсягів винесення радіонуклідів з ґрунту.

Польовий дослід проведено на сірих лісових ґрунтах Львівської області. Встановлено, що середня урожайність вегетативної маси амаранту становила 22,4 т/га, насіння – 2,2 т/га. При цьому винесення цезію-137 з ґрунту вегетативною масою досягало в середньому 336215 Бк/га, тоді як із насінням – лише 9086 Бк/га, що у 37 разів менше. Питома активність цезію-137 у вегетативній масі в середньому становила 14,9 Бк/кг, у насінні – 4,17 Бк/кг, що відповідно у 40 і 120 разів нижче від гранично допустимих норм. Коефіцієнти небезпеки для обох видів продукції не перевищували 0,025 та 0,008 відповідно. Результати дослідження свідчать про можливість використання амаранту не тільки як джерела кормової сировини, а також для фіторе mediaції, зокрема, вилучення радіонуклідів із ґрунту. Отримані дані є науковим обґрунтуванням для розроблення біоекологічних підходів до реабілітації забруднених територій, зокрема, в умовах помірного радіоактивного фону.

Ключові слова: амарант, урожайність, цезій-137, ґрунт, вегетативна маса, насіння, фіторе mediaція, радіонукліди, питома активність.

Razanov S.F., Razanova A.M., Dydiv A.I., Mazurak I.V., Mishchenko B.D. Intensity of Cesium-137 removal from grey forest soil by amaranth under conditions of the Western region of Ukraine

*The issue of radioactive soil contamination resulting from the Chornobyl Nuclear Power Plant disaster remains highly relevant for Ukraine's agricultural sector. Cesium-137, which retains radioactivity for decades, continues to migrate within agroecosystems, adversely affecting the quality of agricultural products. In the context of limited access to costly remediation technologies, phytoremediation gains particular importance – a biological process of extracting radionuclides through their accumulation in plant biomass. Amaranth (*Amaranthus* spp.) is distinguished by its high productivity and broad application potential in both animal husbandry and the food industry. However, the level of cesium-137 accumulation in this crop, when cultivated on grey forest soils of the Western region of Ukraine, remains insufficiently studied. The aim of the research was to determine the specific activity of cesium-137 in the aboveground vegetative biomass and seeds of amaranth, to calculate the hazard coefficients, and to assess the amount of radionuclide removed from the soil.*

The field experiment was conducted on grey forest soils in Lviv Oblast. It was found that the average yield of amaranth vegetative biomass was 22.4 t/ha, while seed yield reached 2.2 t/ha. Under these conditions, the average removal of cesium-137 from the soil by vegetative biomass amounted to 336,215 Bq/ha, whereas its removal by seeds was only 9,086 Bq/ha – 37 times less. The average specific activity of cesium-137 in the vegetative mass was 14.9 Bq/kg, and in seeds – 4.17 Bq/kg, which is 40 and 120 times lower, respectively, than the permissible limits. The hazard coefficients for both types of produce did not exceed 0.025 and 0.008, respectively. The results of the study indicate the potential of amaranth not only as a source of fodder biomass but also as an effective tool for phytoremediation, particularly in extracting radionuclides from the soil. The obtained data provide a scientific basis for developing bioecological approaches to the rehabilitation of contaminated areas, especially under conditions of moderate radioactive background.

Key words: amaranth, yield, cesium-137, soil, vegetative biomass, seeds, phytoremediation, radionuclides, specific activity.

Постановка проблеми. Сучасне аграрне виробництво функціонує в умовах зростаючого техногенного навантаження, зокрема, через радіоактивне забруднення ґрунтів, спричинене аварією на Чорнобильській АЕС. Внаслідок катастрофи було уражено понад 3,5 млн га сільськогосподарських угідь, з яких 1,5 млн га припадає на ліси. Радіонукліди, що перебувають в обмінній формі, активно мігрують в агроєкосистемах, знижуючи якість продовольчої сировини та підвищуючи ризики для здоров'я населення [1].

Паралельно, зміни кліматичних умов, зокрема, підвищення температури, нерівномірність і дефіцит опадів змінюють структуру польових сівозмін. Зростає потреба у впровадженні у виробництво культур, стійких до нових кліматичних умов і здатних забезпечувати стабільний урожай. Однією з таких культур є амарант (посуhostійка, високопродуктивна та екологічно пластична рослина).

Ураховуючи інтенсивне формування вегетативної маси амаранту та її потенційне використання у тваринництві, важливо оцінити його здатність до фітореMediaції (вилучення радіонуклідів із ґрунту разом з урожаєм). Особливо актуальним є вивчення накопичення цезію-137 у амаранті, вирощеному на сірих лісових ґрунтах Західного регіону України, де рівень зволоження забезпечує добрі умови для розвитку культури.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Низка наукових праць присвячена вивченню впливу сільськогосподарських технологій на міграцію радіонуклідів у системі ґрунт – рослина – продукція [2-3]. Встановлено, що застосування калійних і фосфорних добрив, вапнування та внесення сорбентів (цеолітів, сапонітів, бентонітів) знижують інтенсивність переходу радіонуклідів до рослинності [4-6]. Проте ці заходи потребують значних матеріальних витрат і можуть призводити до додаткового техногенного навантаження на ґрунт.

Одним із найбільш ефективних і екологічно безпечних підходів до відновлення екологічного стану агроландшафтів, забруднених радіонуклідами, є застосування фітореMediaції – біологічного процесу вилучення токсичних речовин із ґрунтового середовища шляхом накопичення їх у біомасі певних рослин [7-9]. Даний підхід визнано ефективним і екологічно безпечним у контексті післяаварійного землекористування, зокрема, після катастрофи на Чорнобильській АЕС [10-11].

У численних дослідженнях доведено, що значна частина цезію-137, який перебуває в обмінній формі в ґрунті, може бути ефективно вилучена з агроecosистем за умов вирощування культур, здатних до фітореMediaції [12-13]. Особливу увагу в цьому контексті привертає амарант – культура, що вирізняється високою екологічною пластичністю, посухостійкістю, інтенсивним нарощуванням вегетативної маси [14].

Зелена маса амаранту вирізняється високим вмістом біологічно активних речовин. За концентрацією вітамінів вона перевищує багато традиційних овочевих культур. У сухій речовині амаранту кількість аскорбінової кислоти може досягати 443 мг на 100 г, що співставно з показниками білоголової капусти, молоді картоплі, цибулі та навіть цитрусових. Крім того, в амаранті у значних кількостях містяться макро- і мікроелементи, зокрема калій, кальцій, фосфор, бор, кремній, марганець, титан, цинк та залізо. Листя амаранту активно застосовують для приготування фіточаїв, а також як сировину для виготовлення біологічно активних добавок [15]. Рослина може використовуватись як повноцінна сировина, так і у вигляді добавки для покращення харчової цінності продуктів. У багатьох країнах широколисті форми амаранту з великою площею листової поверхні (до 100 м²/га) культивуються як овочева культура [16].

З одного гектара посівів амаранту при врожайності зеленої маси 75 т/га можна отримати до 3 тонн білка, що значно перевищує аналогічні показники у сої (0,6-0,8 т), гороху і ріпаку (0,4-0,5 т), а також пшениці і ячменю (0,2-0,3 т). Білок амаранту за вмістом незамінних амінокислот наближається до тваринного білка, що визначає його цінність як високоякісної харчової та кормової сировини [14]. Це підтверджує перспективність використання амаранту у виробництві продуктів харчування, кормів, а також у фармацевтичній і косметичній промисловості.

За даними сучасних досліджень, у біомасі амаранту виявлено наявність радіонуклідів, зокрема, цезію-137 [17]. Проте, інформація щодо інтенсивності його накопичення амарантом, вирощеним на сірих лісових ґрунтах Західного регіону України, є обмеженою. Незважаючи на велику кількість досліджень щодо накопичення радіонуклідів рослинами, конкретні дані про динаміку вилучення цезію-137 саме амарантом на сірих лісових ґрунтах, які характерні для цього регіону, представлені недостатньо. Це створює науковий запит на вивчення процесів винесення радіонуклідів надземною масою амаранту та обґрунтування можливостей його використання у стратегії очищення забруднених територій.

Мета дослідження – оцінити інтенсивність накопичення та винесення цезію-137 надземною вегетативною масою й насінням амаранту, вирощеного на сірих лісових ґрунтах Західного регіону України.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження з оцінювання інтенсивності накопичення радіонукліду цезію-137 у надземній вегетативній масі та насінні амаранту проведено на сірих лісових ґрунтах в умовах Західного регіону України (Львівська область). За класифікацією радіоекологічної ситуації, ця територія належить до зони посиленого радіоекологічного контролю, оскільки рівень забруднення ґрунтів цезієм-137 не перевищує 1 Ки/км².

Польовий дослід було закладено з чотирма повтореннями. Технологія вирощування амаранту відповідала загальноприйнятим агрономічним стандартам для польових культур. Вибір ґрунтових зразків для радіологічного аналізу здійснювали методом «конверта», а зразки надземної вегетативної маси та насіння – методом точкових проб з наступним об'єднанням у середні зразки.

Визначення питомої активності цезію-137 у ґрунті, вегетативній масі та насінні здійснювалося методом γ -спектрометрії з використанням високочутливого напівпровідникового детектора. Отримані результати обробляли з використанням стандартних статистичних методів.

Коефіцієнт небезпеки (Кнеб) цезію-137 у вегетативній масі та насінні амаранту визначали як відношення питомої активності радіонукліду у відповідному зразку до гранично допустимого рівня (ДР), встановленого санітарними нормами для рослинної продукції. Це дозволило оцінити ступінь потенційної небезпеки споживання продукції амаранту в умовах легкого радіоактивного забруднення.

Результати досліджень. На рисунку 1 представлено результати визначення питомої активності радіонукліду цезію-137 у зразках сірого лісового ґрунту за чотирма варіантами дослідів. Значення питомої активності коливаються в межах від 0,15 до 0,19 Бк/кг. Найменший показник спостерігається у варіанті 1 (0,15 Бк/кг), тоді як максимальне значення зафіксовано у варіанті 2 (0,19 Бк/кг). Варіанти 3 і 4 мають однаковий рівень (по 0,18 Бк/кг), що свідчить про незначну варіацію рівня забруднення ґрунту в межах дослідної ділянки.

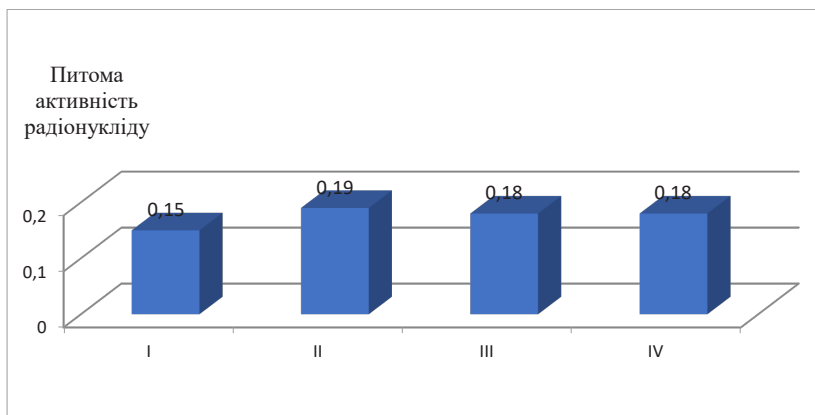


Рис. 1. Питома активність сірого лісового ґрунту, Бк/кг

Рисунок 2 ілюструє рівень урожайності вегетативної маси амаранту за різними варіантами дослідів на сірих лісових ґрунтах. Найвищу урожайність зеленої маси зафіксовано у варіанті I – 22,7 т/га, що свідчить про сприятливі умови для росту та активне нарощування біомаси. Дещо нижчі показники отримано у варіантах II (22,4 т/га) та IV (22,5 т/га), а найменшу урожайність виявлено у варіанті III – 22,2 т/га.

Загалом, коливання між варіантами були незначними (у межах 0,5 т/га), що вказує на стабільне формування вегетативної маси амаранту в умовах дослідження. Отримані результати свідчать про здатність культури ефективно формувати надземну біомасу навіть за наявності незначного радіоактивного забруднення, що є важливою передумовою для її потенційного використання у фіторе mediaції.

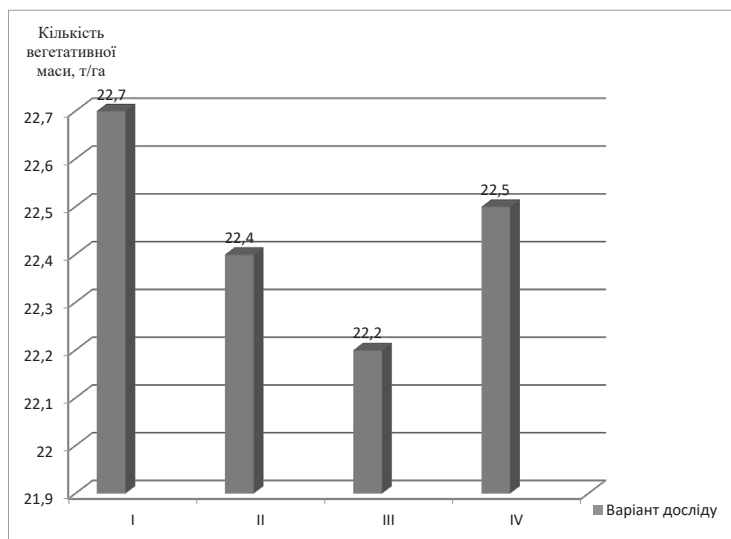


Рис. 2. Урожайність вегетативної маси амаранту, т/га

На рисунку 3 подано урожайність насіння амаранту за варіантами досліджу. Так, найвищий показник спостерігався у варіанті III – 2,3 т/га, що свідчить про сприятливі умови для розвитку рослин. У варіантах I та IV урожайність була дещо нижчою – 2,2 т/га, а найменший показник відмічено у варіанті II – 2,0 т/га.

Загальний розподіл урожайності свідчить про стабільне формування насіннєвої продукції амаранту за умов дослідження. Отримані результати підтверджують здатність цієї культури формувати товарні врожаї насіння на сірих лісових ґрунтах Західного регіону України.

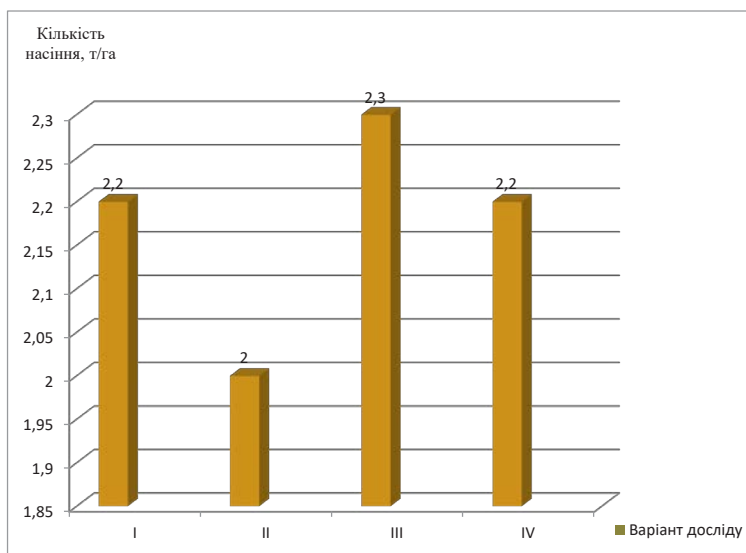


Рис. 3. Урожайність насіння амаранту, т/га

Результати досліджень, відображені в таблиці 1 показують, що питома активність цезію-137 у надземній вегетативній масі амаранту за чотирма варіантами дослідів були в межах від 13,9 до 16,2 Бк/кг. В середньому по варіантах дослідів питома активність цезію-137 у надземній вегетативній масі амаранту склала $14,9 \pm 0,87$ Бк/кг, що нижче від допустимого рівня у 40,2 рази.

Характеризуючи коефіцієнт небезпеки питомої активності цезію-137 у надземній вегетативній масі амаранту, слід зазначити, що його значення знаходилося в межах 0,023-0,027, а середній показник по варіантах дослідів склав $0,025 \pm 0,0014$. Отримані значення суттєво нижчі від гранично допустимого рівня, який становить 1,0 – у середньому в 40 разів. Це свідчить про безпечність надземної вегетативної маси амаранту та її придатність для використання як кормової сировини у тваринництві.

Таблиця 1

Питома активність цезію-137 у надземній вегетативній масі амаранту, Бк/кг

Варіант дослідження	ДР	Фактична питома активність	В середньому по групі	Коефіцієнт небезпеки	В середньому по групі
I	600	14,5	$14,9 \pm 0,87$	0,024	$0,025 \pm 0,0014$
II	600	16,2		0,027	
III	600	13,9		0,023	
IV	600	15,3		0,025	

Характеризуючи інтенсивність виносення цезію-137 із сірого лісового ґрунту за вирощування амаранту (табл. 2), слід зазначити, що урожайність зеленої маси культури становила від 22,2 до 22,7 т/га, у середньому – 22,4 т/га. За такої врожайності виносення цезію-137 з ґрунту вегетативною масою амаранту коливалося від 308580 до 362880 Бк/га.

Таблиця 2

Виносення цезію-137 з сірого лісового ґрунту з вегетативною масою амаранту

Варіант дослідження	Урожайність, т/га	Фактична питома активність вегетативної маси амаранту, Бк/кг	Винесено з ґрунту цезію-137, Бк/га
I	22,7	14,5	329150
II	22,4	16,2	362880
III	22,2	13,9	308580
IV	22,55	15,3	344250

У середньому по варіантах дослідів цей показник становив 336215 Бк/га. Отримані результати свідчать про здатність амаранту ефективно вилучати радіонукліди з ґрунтового середовища, що дає підстави для подальшого вивчення культури у контексті фіторе mediaції забруднених територій.

Питома активність цезію-137 у насінні амаранту (табл.3) в середньому за варіантами дослідження становила 4,17 Бк/кг, що у 120 разів нижче встановленого допустимого рівня. Коефіцієнт небезпеки для насіння амаранту становив 0,008, що у 125 разів нижче гранично допустимого значення (1,0). Отримані результати підтверджують безпечність насіння амаранту та обґрунтовують можливість його використання у тваринництві та харчовій промисловості.

Таблиця 3

Питома активність цезію-137 у насінні амаранту, Бк/кг

Варіант дослідження	ДР	Фактична питома активність	В середньому по групі	Коефіцієнт небезпеки	В середньому по групі
I	500	4,68	4,17±0,21	0,009	0,008±0,0002
II	500	3,76		0,007	
III	500	4,0		0,008	
IV	500	4,24		0,008	

За результатами проведених досліджень встановлено, що винесення цезію-137 із сірого лісового ґрунту з насінням амаранту (табл. 4) варіювало в межах від 7520 Бк/га до 10296 Бк/га, що в середньому склало 9086 Бк/га.

Таблиця 4

Винесення цезію-137 з сірого лісового ґрунту з насінням амаранту

Варіант дослідження	Урожайність, т/га	Фактична питома активність насіння амаранту, Бк/кг	Винесено з ґрунту цезію-137, Бк/га
I	2,2	4,68	10296
II	2,0	3,76	7520
III	2,3	4,0	9200
IV	2,2	4,24	9328

У порівнянні з винесенням цезію-137 надземною вегетативною масою, використання насіння амаранту забезпечує в 37 разів менший рівень вилучення цезію-137, ніж використання вегетативної маси. Це підтверджує доцільність застосування амаранту саме як культури для фіторе mediaційного очищення ґрунтів у системах кормовиробництва, де використовується вся надземна біомаса.

Висновки. У результаті досліджень встановлено, що за вирощування амаранту на сірих лісових ґрунтах із рівнем забруднення цезієм-137 до 0,175 Ки/км², питома активність цього радіонуклідів у надземній вегетативній масі була нижчою за допустимі рівні у 40,2 рази, а в насінні – у 120 разів, що свідчить про безпечність отриманої продукції. Урожайність вегетативної маси амаранту без застосування добрив становила 22,4 т/га, а насіння – 2,2 т/га. Загальне винесення цезію-137 із ґрунту вегетативною масою досягало 336215 Бк/га, що суттєво перевищує винесення цезію-137 насінням, яке становило 9086 Бк/га. Таким чином, амарант може розглядатися як перспективна культура для фіторе mediaцій сільськогосподарських угідь, забруднених цезієм-137, із можливістю подальшого використання надземної біомаси як кормової сировини за умови дотримання радіологічного контролю.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Разанов С.Ф., Куценко М.І. Оцінка рівня накопичення радіонуклідів сільськогосподарськими бобовими нектаропилконосними рослинами в умовах Північного Полісся. *Сільське господарство та лісівництво*. 2024. № 3. С. 198–207. DOI: <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2024-3-17>
2. Zhu Y.G., Smolders E. Plant uptake of radiocaesium: a review of mechanisms, regulation and application. *Journal of Experimental Botany*. 2000. Vol. 51, № 351. P. 1635–1645. DOI: <https://doi.org/10.1093/jexbot/51.351.1635>

3. Singh G., Bhadange S., Bhawna F., Shewale P., Dahiya R., Aggarwal A., Arya S.K. Phytoremediation of radioactive elements, possibilities and challenges: special focus on agricultural aspects. *International Journal of Phytoremediation*. 2022. Vol. 25, № 1. P. 1–8. DOI: <https://doi.org/10.1080/15226514.2022.2043239>
4. Yamaguchi N., Hikono A., Saito T. Effects of zeolite and vermiculite addition on exchangeable radiocaesium in soil with accelerated ageing. *Journal of Environmental Radioactivity*. 2019. Vol. 203. P. 18–24. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2019.02.011>
5. Mwalongo D.A., Haneklaus N.H., Carvalho F.P., et al. Influence of phosphate fertilizers on the radioactivity of agricultural soils and tobacco plants in Kenya, Tanzania, and Uganda. *Environmental Science and Pollution Research*. 2023. Vol. 30. P. 83004–83023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-023-27543-8>
6. Mondal M., Biswas B., Garai S., Sarkar S., Banerjee H., Brahmachari K., Bandyopadhyay P.K., Maitra S., Brestic M., Skalicky M., et al. Zeolites Enhance Soil Health, Crop Productivity and Environmental Safety. *Agronomy*. 2021. Vol. 11, № 3. Article 448. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy11030448>
7. Sun X., Kobayashi S., Tokue A., Itabashi H., Mori M. Enhanced Radiocesium Uptake by Rice with Fermented Bark and Ammonium Salt Amendments. *Journal of Environmental Radioactivity*. 2019. Vol. 202. P. 59–65.
8. Tamaoki M., Yabe T., Furukawa J., Watanabe M., Ikeda K., Yasutani I., Nishizawa T. Comparison of Potentials of Higher Plants for Phytoremediation of Radioactive Cesium from Contaminated Soil. *Environmental Control in Biology*. 2016. Vol. 54, № 1. P. 65–69.
9. Dursun S., Symochko L., Mankolli H. Bioremediation of heavy metals from soil: an overview of principles and criteria of using. *Агроекологічний журнал*. 2020. № 3. С. 6–12. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2020.211521>
10. Snitynskyi V., Razanov S., Hnativ P., Bakhmat O., Kutsenko M., Kolisnyk O. Phytoremediation of ¹³⁷Cs contaminated sodpodzolic soil in Northern Polissia white sweet clover (*Melilotus albus*). *International Journal of Environmental Studies*. 2024. Vol. 81, № 1. P. 223–229. DOI: <https://doi.org/10.1080/00207233.2023.2270305>
11. Снітинський В.В., Ткачук О.П., Разанова А.М., Коруняк О.П. Ефективність фітореMediaції забрудненого важкими металами ґрунту за вирощування розторопші плямистої. *Сільське господарство та лісівництво*. 2023. № 28(1). С. 164–171. DOI: <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2023-1-11>
12. Куценко М.І. Інтенсивність накопичення радіонуклідів вегетативною масою фацелії пижмолистої. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2024. Вип. 139. Ч. 1. С. 273–279. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.139.1.35>
13. Razanov S., Kutsenko M., Klymenko M., Bakhmat M., Klymenko O., Bakhmat O., Holubieva T., Kovalchuk N., Mazurak O. Assessment of Phytoremediation of ¹³⁷Cs Contaminated Soils During the Cultivation of Nectar-Pollinating Plants. *Journal of Ecological Engineering*. 2023. Vol. 24, № 5. P. 316–321. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/161767>
14. Гопцій Т.І., Воронков М.Ф., Бобро М.А. та ін. Амарант: селекція, генетика та перспективи вирощування: монографія. Харків: ХНАУ, 2018. 362 с.
15. Гудковська Н.Б. Урожайність та вміст білка в зеленій масі амаранту залежно від способів та строків сівби в Лівобережному Лісостепу України. *Овочівництво і багаторічництво*. 2016. Вип. 62. С. 68–76.
16. Янюк Т.І., Грюнвальд Н.В. Виробництво амаранту в Україні: стан і перспективи. *Продовольчі ресурси*. 2022. Т. 10, № 18. С. 179–192. DOI: <https://doi.org/10.31073/foodresources2022-18-18>
17. Тетерук О.О., Ковальов В.Б., Ландін В.П., Фещенко В.П. Перспективи вирощування конопель, сої та амаранту на радіоактивно забруднених територіях. *Збалансоване природокористування*. 2018. № 4. С. 37–45.

УДК 378:502

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.144.41>

ВПЛИВ ЕКОЛОГІЧНОЇ ОСВІТИ НА СВІДОМІСТЬ МОЛОДОГО ПОКОЛІННЯ

Рулєвська Т.Ф. – д.філос., викладач-методист,
заступник директора з виховної роботи,
викладач суспільно-правових дисциплін,
Відокремлений структурний підрозділ
«Київський фаховий коледж морського і річкового флоту
та транспортних технологій Національного транспортного університету»
orcid.org/0000-0003-2831-9155

Гомля Л.М. – к.б.н., доцент,
доцент кафедри ботаніки, екології та методики викладання біології,
факультет природничих наук та управління,
Полтавський національний педагогічний університет імені В.Г. Короленка
orcid.org/0000-0002-0462-9338

Ревка Т.О. – к.с.-г.н.,
вчитель біології та хімії,
Васильківська гімназія 1 Васильківської міської ради Київської області
orcid.org/0009-0001-4996-0825

Необхідність екологізації свідомості молодого покоління та інтеграції принципів сталого розвитку зумовлюється деструкцією довкілля через тривале споживацьке природокористування. Оптимізації ситуації вбачається можливим досягнути лише за умови ефективного формування та розвитку екологічного світогляду. Екологічна свідомість повинна гармонійно поєднувати цілі діяльності людини із природоохоронними трендами, що відповідають ключовим принципам стійкого суспільного розвитку. Метою статті є аналіз потенціалу екологічної освіти в контексті формування екологічної компетентності та свідомості молодого покоління. У дослідженні з'ясовано, що сучасні стратегії екологічної освіти дозволяють формувати в учнів відповідальне ставлення до навколишнього природного середовища, розвивати екологічну вмотивованість та культуру, навички екологічно спрямованої діяльності. У синергії зазначене дозволяє молодій генерації вповні усвідомлювати екологічні проблеми та ефективно залучатись до їх вирішення. Детерміновано ключові елементи системи екологічної компетентності здобувачів освіти, критерії та показники її сформованості. Встановлено, що екологічна освіта включає в себе формування екологічних знань, розвиток екологічної свідомості, формування екологічної культури, набуття екологічних навичок. Визначено, що розвиток екологічної свідомості у рамках екологічної освіти характеризується певною етапністю, що поєднує теоретичний та практичний рівні, а також самостійну роботу здобувачів. Обґрунтовано необхідність розширення методологічного та програмного забезпечення розвитку екологічної компетентності у парадигмі загальної середньої освіти. Доведено, що екологічна освіта володіє значимістю для сталого розвитку суспільства, адже вона дозволяє формувати покоління, яке буде більш відповідальним за стан довкілля та здатне інтегрувати ключові принципи сталого розвитку до усіх сфер суспільного життя.

Ключові слова: екологічна освіта, молоде покоління, освітня програма, екологічна компетентність, сталий розвиток, екологічна свідомість.

Rulievska T.F., Homlia L.M., Revka T.O. The impact of environmental education on the consciousness of the younger generation

The need to green the consciousness of the younger generation and integrate the principles of sustainable development is due to the destruction of the environment through prolonged consumer nature use. Optimization of the situation is seen as possible only if an ecological worldview is effectively formed and developed. Ecological consciousness should harmoniously

combine the goals of human activity with environmental protection trends that correspond to the key principles of sustainable social development. The purpose of the article is to analyze the potential of environmental education in the context of the formation of environmental competence and consciousness of the younger generation. The study found that modern strategies of environmental education allow students to form a responsible attitude towards the environment, develop environmental motivation and culture, and skills for environmentally oriented activities. In synergy, this allows the younger generation to fully realize environmental problems and effectively engage in their solution. The key elements of the system of environmental competence of education seekers, criteria and indicators of its formation are determined. It is established that environmental education includes the formation of environmental knowledge, the development of environmental awareness, the formation of environmental culture, the acquisition of environmental skills. It is determined that the development of environmental awareness within the framework of environmental education is characterized by a certain stage, combining the theoretical and practical levels, as well as the independent work of applicants. The need to expand the methodological and software support for the development of the environmental component in the paradigm of general secondary education is substantiated. It is proven that environmental education is important for the sustainable development of society, because it allows forming a generation that will be more responsible for the state of the environment and able to integrate the key principles of sustainable development into all spheres of social life.

Key words: environmental education, young generation, educational program, environmental competence, sustainable development, environmental awareness.

Постановка проблеми. Необхідність формування та розвитку екологічної свідомості молодшої генерації зумовлена необхідністю вирішення низки проблем довкілля регіонального та глобального масштабу. Традиційне методологічне забезпечення освітнього процесу не відповідає актуальним потребам щодо екологічних компетенцій молоді, а тому рівень екологічних знань залишає бажати кращого. Існуюча основа екологічної освіти у мінімалістичному форматі наразі не спроможна забезпечити формування стійкої екологічної свідомості у здобувачів освіти. Оновлення педагогічних підходів дозволить формувати у молодого покоління стійкі навички ефективної протидії екологічній кризі та її превентивного попередження.

Зазначене актуалізує необхідність розширення стратегічної спрямованості загальноосвітніх програм у напрямку екологізації, що мають бути наділені ознаками універсальності, комплексності, адаптивності. Розширеної аналітики потребує проблема формування екологічної свідомості молодшої генерації під впливом освітніх стратегій, зважаючи на їх концептуально-категоріальні особливості.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Необхідність впровадження засад розвитку екологічної компетентності до системи освіти викликала підвищений інтерес у науковій спільноті. Так, у публікаціях N. Mirzaeva [1], N. Ardoin та ін. [2], J. González-Salamanca та ін. [3] аналізується потенціал екологічної освіти та цільових навчальних проєктів з охорони довкілля та сталого розвитку. О. Волошок [4], В. Гончарук та ін. [5] детермінують роль екосвідомості у формуванні цілісної особистості в межах загальноосвітнього середовища. Водночас авторами Н. Корніна [6], J. Dillon, B. Herman [7], G. Nizioł [8] досліджується векторність екологічної свідомості та сталого розвитку як гаранту успішності євроінтеграційних освітніх прагнень.

Напрямки вдосконалення освітньої складової з розвитку екологічної компетентності здобувачів освіти досліджені авторами М. Maurer, F. Bogner [9], P. Glavič [10]. Учені розглядають їх у контексті усвідомлення цілісності природного середовища, її естетичної та соціально-економічної цінності.

М. Monge та ін. [11] позиціонує екологічну освіту засобом інтеграції системи екологічних цінностей у практико-орієнтований формат навчального середовища. Водночас, увага окремих дослідників (А. Herman, М. Hayat [12]; F. Mónus [13]) зосереджена на особливостях реалізації освітніх програм з екологічної свідомості в контексті етапів проєктування навчання, забезпечення вмотивованості та залученості учнів, оцінювання знань, забезпечення рівності та інклюзивності в освітньому середовищі.

Однією з основних умов ефективності освітніх проєктів із формування екологічної свідомості у молодого покоління дослідники Р. Sands [14] визначають зміну антропоцентричного світогляду на екоцентричний через інтеграцію екологоорієнтованої концепції як центральної, мотиваційно-сміслової компоненти особистісного розвитку.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Теоретичне та методологічне обґрунтування концепції формування екологічного світогляду під впливом екологічної освіти потребує комплексного підходу, що передбачає розширений аналіз попередніх напрацювань та вивчення практичного досвіду в міжнародному освітньому полі, зауважуючи ефективність моделей у практичному ракурсі. Також, додаткової аналітики потребують окремі контексти формування екологічної компетентності здобувачів освіти.

Формулювання цілей статті. Метою статті є аналіз потенціалу екологічної освіти в контексті формування екологічної компетентності та свідомості молодого покоління.

Виклад основного матеріалу дослідження. Ключовими причинами низької екологічної свідомості сучасного молодого покоління вбачаються низький рівень усвідомлення екологічних концептів, недостатня сформованість інститутів громадянського суспільства, невмотивованість щодо дотримання природоохоронного законодавства. Водночас, успішність вирішення ключових глобальних екологічних проблем визначається, багато в чому, рівнем екологічної свідомості молодого покоління.

Зважаючи на активний євроінтеграційний розвиток України, доцільно звернути увагу на досвід екологічної освіти у міжнародному освітньому полі, зокрема, в країнах Європейської спільноти, де до основних завдань загальної середньої освіти віднесено формування стійких екологічних компетенцій з використанням підходів до індивідуалізації навчання та особистісного розвитку [5]. Кластер загальноосвітнього поля за таких умов забезпечує ефективне формування особистісних світоглядних наративів, у тому числі – щодо сталого розвитку та екологічних концептів.

Очевидно, що екологічні наративи трансформують підхід до освіти, потребуючи поєднання традиційної методології та екологічної культури. Це зумовлює необхідність апгрейду законодавчо-правового підґрунтя та детермінування освіти як цілеспрямованого процесу, зосередженого на формуванні соціально цінних та проактивних позицій у кожного здобувача. Дефініція екологічної свідомості молоді розглядається, власне, як інтегральна якість особистості, що детермінується усвідомленими навичками й умінями вирішення та попередження екологічних проблем [11].

Структура екологічної компетентності передбачає когнітивний, поведінковий та емоційний елементи. Процес формування екологічних компетенцій містить в основі гармонійний розвиток науково-теоретичного, практичного та нормативно-оцінювального аспектів навчання. Ефективність процесу забезпечується низкою педагогічних передумов, серед яких – ціннісно-оцінювальне позиціонування системи екологічних знань; світоглядний рівень сприйняття екологічних наративів; регулювання змісту програм розвитку екологічної компетентності; асиміляція з морально-етичними нормами взаємодії соціуму та природи; інтеграція принципів екоцентричної свідомості у всі навчальні контексти [7].

Особливої ролі розвитку екологічної свідомості молододі генерації набуває на тлі екологічних загроз внаслідок повномасштабної війни в Україні. Вразливість екосистем, деструктивний вплив бойових дій на довкілля та загрози пролонгованого впливу забруднення потребують апгрейду суспільної свідомості в аспекті екологоорієнтованого мислення. Результати соціологічного опитування молоді у 2023 та 2024 роках репрезентують динаміку в усвідомленні екологічних загроз (рис. 1) [15]. Цю позитивну тенденцію необхідно активно розвивати в межах освітнього середовища, що дозволить сформувати стійкі екологічні компетенції.

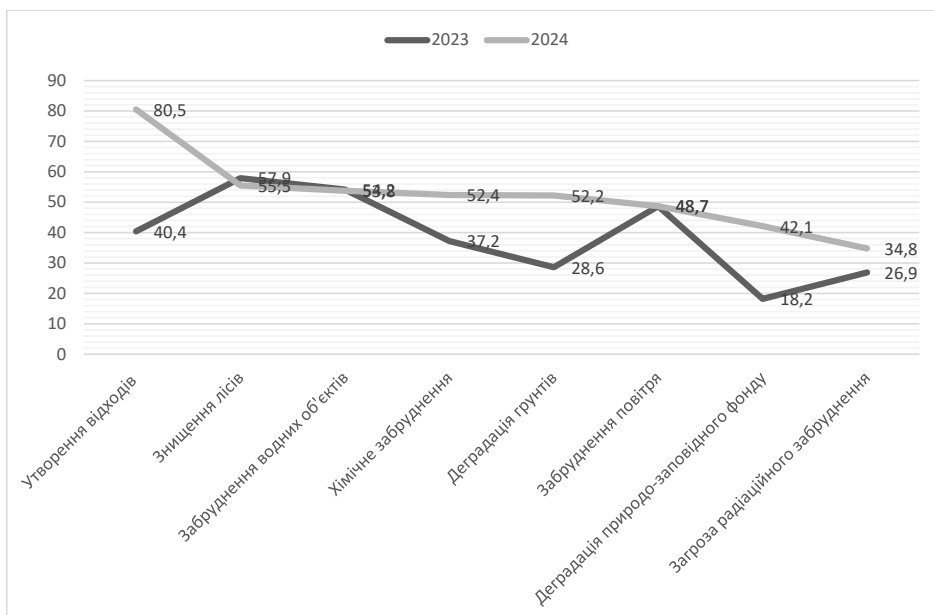


Рис. 1. Рівень усвідомлення екологічних загроз, % респондентів
Джерело – [15]

Актуальні вимоги до екологічної освіти базуються на інтегрованому міждисциплінарному підході. Молоде покоління має володіти системним баченням екологічних проблем, взаємозв'язків між ними та антропогенною активністю, потенційної варіативності уникнення екологічної збитковості. Освітнє середовище на сьогодні позиціонується не лише джерелом академічних стандартизованих основ знання, але й основою формування соціальної свідомості особистості, у тому числі – її екологічних аспектів [12].

Очевидно, що процеси глобалізації та інтеграції освіти зумовлюють необхідність уніфікації низки правових вимог до освітнього середовища. Зокрема, належне закріплення повинна знайти екологічна складова загальної середньої освіти, що передбачає послідовний розвиток особистості в контексті екологічних компетенцій. При цьому, ключовими концептами залишаються доступність освіти та освітньо-соціальна інклюзія.

З-поміж методів формування екологічної свідомості молодого покоління засобами екологічної освіти необхідно відзначити активні, інтенсивні та проблемні підходи. Усі вони володіють векторністю інтеграції екологічного контексту до змісту традиційного навчального процесу з метою формування системи екологічних знань, переконань, поглядів, спрямованості та упереджень. Необхідною компонентою освітніх стратегій є, також, системна мотивація здобувачів освіти та стимулювання активної позааудиторної екологічної діяльності.

Методи формування екологічної свідомості включають:

1) інформаційно-пізнавальні методи:

- пояснювально-ілюстративний метод, що передбачає розповідь, демонстрацію наочності;
- евристична бесіда, що передбачає обговорення екологічних проблем, розвиток активного мислення, пошук проблемно-орієнтованих рішень;
- метод екологічних експектацій (формування емоційно-насичених контактів з довкіллям);

– метод кейсів (аналіз конкретних екологічних ситуацій з метою подальшого пошуку шляхів їх розв'язання);

2) практичні методи (спостереження, експеримент, трудова діяльність, природоохоронні акції);

3) методи формування ставлення (екологічна ідентифікація, екологічна емпатія, екологічна рефлексія);

4) інтерактивні методи (рольові ігри, круглі столи, дебати, дискусії, майстер-класи та тренінги, з метою формування екологічних навичок) [7].

Важливою складовою є також діалог викладача з учнями, коментарі та роз'яснення, які сприяють формуванню екологічної свідомості. Для ефективного формування екологічної свідомості до навчального процесу повинні бути імplementовані таких види навчальної діяльності, які дають стимул до самостійного розширення та поглиблення набутих знань, умінь та навичок, критичного та прогностичного мислення, креативного пошуку нестандартних рішень.

Проблема формування екологічної свідомості молодого покоління в межах освітнього середовища потребує інтеграції екологічного контексту до навчальних програм різних етапів освіти, що дасть змогу сформувати стійкі навички сталого природокористування, енергоефективності, попередження деструкції довкілля [5]. При цьому, міжнародний формат уніфікації концептів екологізації загальної середньої освіти дозволить уникнути різнополосності та контекстного розшарування в сприйнятті сутності екологічних компетенцій в межах національних освітніх систем.

Молоді люди повинні усвідомлювати проблеми зміни клімату, забруднення довкілля та важливість сталого розвитку. На практиці це знаходить вираження у схильності до екологічно свідомих брендів, підтримці екологічних ініціатив та прийнятті еко-френдлі рішень у повсякденному житті [13]. Основними аспектами екологічної свідомості серед молоді позиціонуються: зростаюча обізнаність, активізм та участь у громадських ініціативах, еко-свідоме споживання, відповідальність за майбутнє, екологічний спосіб життя як стиль. Для багатьох молодих людей екологічність стає частиною їхньої ідентичності та способом життя. Необхідно, щоб молоді люди мали доступ до якісної інформації про екологічні проблеми та можливості для їх вирішення.

Висновки з даного дослідження та перспективи подальшого розвитку. Існуюче методологічне забезпечення освіти на сьогодні не можна вважати повністю адаптованим до сучасної екологічної спрямованості. Сучасні наративи трансформують підхід до освіти в контексті поєднання освіти та екологічної культури, що потребує належного відображення у галузевій теоретико-методологічній основі. Парадигма освітньої екологічної політики повинна гармонійно поєднувати традиційне навчання із природоохоронними тенденціями, комплементарними загальним принципам стійкого поступу суспільства.

Ефективна екологічна освіта, що включає теоретичні знання та практичні навички, сприяє формуванню екологічно свідомого покоління, здатного вирішувати сучасні екологічні проблеми та забезпечити сталий розвиток. Екологічна освіта охоплює різні аспекти, у тому числі, формування знань про екологічні проблеми, розвиток екологічної культури, практичне застосування знань, розвиток критичного мислення.

Перспективою подальшого розвитку проблематики в науковому полі вбачається вивчення потенціалу цифрових технологій в екологічній освіті щодо формування екологічної свідомості молодого покоління.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Mirzaeva N. Theory and practice of ecological competence in students. *Central Asian Journal of Education*. 2019. №3(1). Pp. 66-97.
2. Ardoin N. M., Bowers A. W., Gaillard E. Environmental education outcomes for conservation: A systematic review. *Biological conservation*. 2020. №241. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108224>

3. González-Salamanca J. C., Agudelo O. L., Salinas J. Key competences, education for sustainable development and strategies for the development of 21st century skills. A systematic literature review. *Sustainability*. 2020. №12(24). <https://doi.org/10.3390/su122410366>
4. Волошок О. Екологічна свідомість студентської молоді та шляхи її формування. *Вісник Львівського університету. Серія психологічні науки*. 2020. Вип. 6. С. 32-37. <https://doi.org/10.30970/2522-1876-2020-6-5>
5. Гончарук В. В., Макаревич І. М., Гончарук В. А., Яровенко А. В. Формування екологічної свідомості у процесі екологічної освіти. *Science and education: problems, prospects and innovations. Abstracts of the 1st International scientific and practical conference*. CPN Publishing Group. Kyoto, Japan. 2020. Pp. 191-200. <https://sci-conf.com.ua/i-mezhdunarodnaya-nauchno-prakticheskaya-konferentsiyascience-and-education-problems-prospects-and-innovations-7-9-oktyabrya-2020-goda-kioto-yaponiya-arhiv/>.
6. Koprina H. Education for the future? Critical evaluation of education for sustainable development goals. *The Journal of Environmental Education*. 2020. №51(4). Pp. 280-291. <https://doi.org/10.1080/00958964.2019.1710444>
7. Dillon J., Herman B. Environmental education. In *Handbook of research on science education* (pp. 717-748). Routledge, 2023. <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/9780367855758-27/environmental-education-justin-dillon-benjamin-herman>
8. Nizioł G. Legal content of environmental education. *Journal of Actual Problems of Jurisprudence*. 2022. №104(4). Pp. 63-69. <https://doi.org/10.26577/JAPJ.2022.v104.i4.07>
9. Maurer M., Bogner F. X. Modelling environmental literacy with environmental knowledge, values and (reported) behaviour. *Studies in Educational Evaluation*. 2020. №65. <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2020.100863>
10. Glavič P. Identifying key issues of education for sustainable development. *Sustainability*. 2020. №12(16). <https://doi.org/10.3390/su12166500>
11. Monroe M. C., Plate R. R., Oxarart A., Bowers A., Chaves W. A. Identifying effective climate change education strategies: A systematic review of the research. *Environmental Education Research*. 2019. №25(6). Pp. 791-812. <https://doi.org/10.1080/13504622.2017.1360842>
12. Herman A. A., Hayat M. J. Management of High Secondary Education After Regional Government Law. *Journal of Human Rights, Culture and Legal System*. 2021. №1(2). <https://doi.org/10.53955/jhcls.v1i2.11>
13. Mõnus F. Environmental education policy of schools and socioeconomic background affect environmental attitudes and pro-environmental behavior of secondary school students. *Environmental Education Research*. 2022. №28(2). Pp. 169-196. <https://doi.org/10.1080/13504622.2021.2023106>
14. Sands P. Environmental protection in the twenty-first century: sustainable development and international law. In *The global environment* (pp. 116-137). Routledge, 2023.
15. Україна майбутнього. Аналітична записка на основі Всеукраїнського соціологічного опитування. Агенція ФАМА, 2024. <https://dixigroup.org/wp-content/uploads/2024/03/analitychna-zapyska-ukrayina-majbutnogo.pdf>

УДК 630*22/.23:633.875(292.486)(477)

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.144.42>

АКУМУЛЯЦІЯ МЕТАЛІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ (Mn, Fe, Co, Ni) У БІОМАСІ АСИМІЛЯЦІЙНОЇ ФРАКЦІЇ *ROBINIA PSEUDOACASIA* L. ТА *ACER PLATANOIDES* L. У ЗЕЛЕНІЙ ІНФРАСТРУКТУРІ МІСТА ДНІПРО

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

Лакида П.І. – д.с.-г.н., професор,

професор кафедри лісу та лісового менеджменту,

Національний університет біоресурсів і природокористування України

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

Голобородько К.К. – д.б.н., професор,

головний науковий співробітник науково-дослідної лабораторії

наземної екології, лісового ґрунтознавства та рекультивації земель,

Науково-дослідний інститут біології Дніпровського національного

університету імені Олеся Гончара

orcid.org/0000-0001-7857-1119

Урбоекосистеми великих міст, зокрема міста Дніпро, зазнають значного антропогенного тиску через забруднення довкілля важкими металами, що є наслідком інтенсивної діяльності промислових підприємств. Серед сучасних підходів до мінімізації впливу токсичних елементів у міському середовищі важливе місце займає біологічний метод оптимізації стану довкілля за допомогою здатності рослин поглинати й акумулювати метали. У цьому дослідженні розглянуто акумулятивну здатність двох поширених деревних видів – *Robinia pseudoacacia* L. (робінія несправжньоакація) та *Acer platanoides* L. (клен гостролистий), які формують основу зелених насаджень міста Дніпро. У межах дослідження проведено збір зразків листя з семи паркових зон міста, де проаналізовано вміст чотирьох металів – Мангану (Mn), Феруму (Fe), Кобальту (Co) та Нікелю (Ni) – методом мас-спектрометрії (ICP-MS). Отримані дані вмісту металів показали, що біомаса *A. Platanoides* характеризується вищим середнім вмістом усіх досліджуваних елементів, зокрема високими концентраціями Mn та Fe, які значно перевищують фітотоксичні пороги. У той час як *R. Pseudoacacia* демонструє переважне накопичення Fe, що становить до 73% від загального вмісту металів у біомасі, *A. Platanoides* показує більш збалансований розподіл між марганцем (47%) і Fe (50%). Результати свідчать про високу адаптивність обох видів до умов техногенного забруднення та їхню потенційну ефективність у фіторе mediaційних технологіях. Також підкреслено важливість регулярного моніторингу рівнів важких металів у біомасі зелених насаджень для забезпечення сталого функціонування міських екосистем. Отримані дані можуть бути використані при плануванні екологічно обґрунтованого озеленення міських територій, з урахуванням здатності деревних видів до акумуляції речовин з потенційною токсичною дією та досягнення екологічної рівноваги.

Ключові слова: акумуляційний потенціал дерев, паркові й рекреаційні зони, фіторе mediaція, біомаса асиміляційних органів.

Sytnyk S.A., Lakyda P.I., Lovynska V.M., Holoborodko K.K. Accumulation of metallic elements (Mn, Fe, Co, Ni) in the assimilatory biomass of *Robinia pseudoacacia* L. and *Acer platanoides* L. within the green infrastructure of the Dnipro City

Urban ecosystems of large cities, including the city of Dnipro, are under significant technogenic pressure due to environmental pollution with heavy metals, primarily caused by the intensive activity of industrial enterprises. Among relevant approaches to minimizing the impact of toxic elements in urban environments, the biological method of environmental optimization using the ability of woody plants to absorb and accumulate metals plays an important role. This study examines the accumulation capacity of two common tree species – *Robinia pseudoacacia* L. (black locust) and *Acer platanoides* L. (Norway maple), which form the basis of green infrastructure in the Dnipro city. Leaf samples were collected from seven urban parks and analyzed for the content of four metals – manganese (Mn), iron (Fe), cobalt (Co), and nickel (Ni) using inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). The results showed that the biomass of *A. platanoides* had higher average concentrations of all analyzed elements, particularly Mn and Fe, which significantly exceeded phytotoxic thresholds. While *R. pseudoacacia* predominantly accumulated Fe (up to 73% of the total metal content in its biomass), *A. platanoides* exhibited a more balanced distribution between Mn (47%) and Fe (50%). These findings indicate a high adaptive capacity of both species to conditions of technogenic pollution and their potential effectiveness in phytoremediation technologies. The study also emphasizes the importance of regular monitoring of heavy metal levels in urban green biomass to ensure the sustainable functioning of city ecosystems. The obtained data can be used for planning ecologically sound urban landscaping, taking into account the ability of tree species to accumulate substances with potential toxic effects and to contribute to ecological balance.

Key words: accumulation potential of tree species, park and recreational zones, phytoremediation, assimilatory organ biomass.

Постановка проблеми. Забруднення середовища промислових міст металами з потенційною токсичною дією залишається однією з найбільш актуальних екологічних проблем, яка негативно впливає на стан урбоєкосистем. Діяльність металургійної, машинобудівної та хімічної промисловості у місті Дніпро призводить до накопичення токсичних концентрацій металічних елементів у ґрунті, атмосфері та водних об'єктах, що зумовлює необхідність пошуку ефективних методів нівелювання токсичної дії та доведення до оптимального стану забруднених територій.

Одним із перспективних підходів у сучасній екології є використання фіторе mediaції, тобто застосування рослин для адсорбції та акумуляції речовин з потенційною токсичною дією із навколишнього середовища. Особливо важливим є визначення видів дерев, які можуть ефективно, на довгий час накопичувати металічні метали у своїй біомасі, виконуючи функції природних фільтрів у міській зеленій інфраструктурі.

Види дерев *Robinia pseudoacacia* L. (робінія несправжньоакація) та *Acer platanoides* L. (клен гостролистий) є широко розповсюдженими складовими міського ландшафту Дніпра, водночас недостатньо досліджень їх особливості адсорбції та акумуляції металічних елементів цими видами у реальних умовах середовища міста. Це обумовлює необхідність проведення комплексних досліджень, спрямованих на визначення механізмів взаємодії рослин з полутантами, що дозволить розробити ефективні стратегії використання цих видів задля нівелювання забруднення важкими металами ґрунтів паркових зон міста.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Актуальність досліджень, присвячених використанню деревних рослин для адсорбції важких металів у забруднених урбанізованих середовищах, зростає у зв'язку зі зростаючими екологічними загрозами. Дослідження здатності видів дерев до поглинання і накопичення важких металів показує, що різні види рослин мають суттєві відмінності у цій характеристиці, що визначає їх потенціал для застосування у фіторе mediaції [1, с. 204–208].

Проаналізовано особливості поглинання важких металів *Robinia pseudoacacia* L., *Acer platanoides* L., *Ulmus minor* Mill., *Populus nigra* L., *Fraxinus excelsior* L., *Tilia cordata* Mill насаджень північної частини міста Кременчука, підкресливши важливість вибору видів, що ефективно акумулюють забруднювачі у своїй біомасі.

Досліджуючи тему фітореMediaції, Rascio та Navari-Izzo (2011) розглянули механізми гіперакумуляції важких металів рослинами та їх біохімічні особливості, які роблять ці види актуальними для використання на забруднених територіях [2, с. 169–181]. Автори акцентують увагу на складних процесах накопичення металів у тканинах рослин та їх ролі в захисті екосистем від токсичних речовин.

Важливим інструментом оцінки адаптаційних можливостей видів дерев в урбанізованих середовищах є індекс толерантності до забруднення повітря (ІТЗП). Дослідження Molnár та співавторів (2018) демонструє ефективність застосування цього індексу для оцінки придатності дерев до використання у міському озелененні та відновленні екологічної рівноваги [3, с. 367–378]. Результати показали, що врахування ІТЗП дозволяє вибрати види рослин, здатні не лише виживати в умовах забруднення, а й активно поглинати і нейтралізувати речовини з токсичною дією.

Підсумовуючи наявні знання щодо фітореMediaції, Pulford та Watson (2003) провели комплексний огляд використання видів родів *Populus*, *Salix*, *Betula*, *Acer*, *Pinus* та *Robinia pseudoacacia* для ремедіації ґрунтів, забруднених важкими металами, підкреслюючи переваги таких видів у відновленні екологічного балансу, а також проблеми, пов'язані з вибором оптимальних видів і методів їх застосування [4, с. 529–540].

Окрему увагу останні дослідження приділяють ролі інвазійних та місцевих деревних видів у контексті відновлення лісових екосистем після масштабних руйнувань, зокрема повоєнних. Вишенська та Козак (2024) розглядають екологічні характеристики природних і інвазійних видів, їх переваги та ризики, а також необхідність збалансованого використання цих видів для підтримки біорізноманіття і стійкості екосистем [5, с. 33–39].

Отже, аналіз останніх досліджень свідчить про високий потенціал деревних видів, зокрема робінії несправжньоакації та клена гостролистого, у біореMediaції і озелененні міст є особливо актуальним для міста Дніпро. Водночас важливо враховувати екологічні ризики, пов'язані з використанням інвазійних видів, і спрямовувати зусилля на баланс між екологічною ефективністю та збереженням місцевого біорізноманіття.

Постановка завдання. Метою даної роботи було проаналізувати здатність *R. Pseudoacacia* та *A. Platanoides* паркових насаджень м. Дніпро до акумуляції у біомасі асиміляційного апарату металічних елементів Мангану (Mn), Феруму (Fe), Кобальту (Co) та Нікелю (Ni).

Виклад основного матеріалу дослідження. *Сбір дослідних зразків біомаси.*

Сбір біомаси листя було здійснено на семи локаціях паркових зон міста Дніпро – Парк Т.Г. Шевченка (48°27'40" N, 35°04'21" E), парк Лазаря Глоби (48°28'11" N, 35°01'48" E), сквер Металургів (48°28'26" N, 34°59'31" E), Ботанічний сад Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара (48°26'14" N, 35°02'35" E), парк Зелений гай (48°26'10" N, 35°00'35" E), парк Придніпровський (48°23'59" N, 35°07'59" E), лісопарк Дружби народів (48°32'02" N, 35°05'42" E) протягом вегетаційного періоду 2023 року. Дослідні дерева входили до однієї вікової групи середньовічних дерев (30–50 років) та мали схожі морфологічні характеристики. Ознак пошкодження біотичними агентами дослідні дерева не мали, оброблення будь якими хімічними препаратами не здійснювалось.

Визначення вмісту важких металів у біомасі.

Біомасу відібраного листя з обох досліджуваних видів висушували в сушильній шафі при температурі 60 °C протягом 24 годин. Сухі зразки листя подрібнювали до дрібного порошку за допомогою ультравідцентрового млина (Retsch ZM 1000). 100 мг кожного зразка змішували у центрифужних пробірках для зразків з 200 мкл ультрачистої води і 1,9 мл 65% нітратної кислоти. Цю суміш інкубували протягом однієї години під витяжною шафою. Потім зразки змішували з 600 мкл водного розчину 4,8% фтористоводневої кислоти і поміщали у мікрохвильову піч на 1–2 години [6]. Після мікрохвильової печі рідку фазу супернатанту доповнювали ультрачистою водою. Перед безпосереднім вимірюванням концентрації елементів у розчинах проводили розведення зразків 1:10. Вимірювання концентрації зразків здійснювали методом мас-спектрометрії, використовуючи прилад ICP-MS (model X Series 2, Thermo Fisher Scientific, Dreieich, Germany).

Вміст металічних елементів Mn, Fe, Co, Ni у біомасі рослин розраховали з урахуванням розведення та точної маси наважки відібраних зразків листя. Наведені результати представлені як середнє значення $\bar{x} \pm SD$ (стандартне відхилення). Відмінності середніх значень концентрацій елементів у біомасі рослинних зразків листя робінії та клену на різних дослідних ділянках ідентифікували за допомогою одностороннього дисперсійного аналізу (ANOVA) з використанням пакета програм Statistica (версія 8, StatSoft, США). Статистичну значущість вважали наявною при $p < 0,05$.

Результати та обговорення.

Результати детекції вмісту Co, Mn, Fe та Ni у біомасі асильяційних органів *R. Pseudoacacia* та *A. Platanoides* з дослідних локацій зеленої інфраструктури міста наведено на рис. 1.

Вміст Co у біомасі листя *R. Pseudoacacia* коливалась у межах від 893 мкг/г (Парк Т.Г. Шевченка) до 2000 мкг/г (Парк Лазаря Глоби та Ботанічний сад ДНУ). У досліджуваній біомасі *A. Platanoides* вміст Co був дещо вищим і більш варіабельним від 1000 мкг/г (Парк Придніпровський, Парк Зелений гай) до 3400 мкг/г (Сквер Металургів). Для рослин Кобальт є необхідним мікроелементом, який бере участь у синтезі вітамінів групи B та активації ферментів. Нормальний вміст цього металічного елементу у листках деревних рослин зазвичай коливається в межах 100–1500 мкг/г. Перевищення цих значень може призводити до токсичних ефектів, таких як пригнічення росту, порушення фотосинтезу та окисний стрес.

Манган є ключовим елементом, необхідним для фотосинтетичного апарату, активації численних ферментів, а також для синтезу хлорофілу. У *R. Pseudoacacia* вміст Mn коливався від 4220 до 15170 мкг/г, тоді як у *A. Platanoides* був значно вищий – від 37470 до 104400 мкг/г. Допустимі концентрації цього елементу в листках деревних рослин зазвичай складають 200–5000 мкг/г. Перевищення цих рівнів часто веде до токсичності, пригнічення фотосинтезу та хлорозу.

Ферум є важливим для синтезу хлорофілу та функціонування ферментів, які беруть участь у диханні та метаболізмі рослин. У біомасі *R. Pseudoacacia* його вміст варіював від 8480 до 47900 мкг/г, у *A. platanoides* – від 18000 до 46120 мкг/г. Нетоксичними для рослин вважаються концентрації цього елемента 500–3000 мкг/г. Вищі рівні можуть спричиняти токсичні ефекти, зокрема окисний стрес.

Нікель є необхідним металічним елементом для активності ферменту уреаз, який бере участь у метаболізмі азоту, а також у загальній стресостійкості рослин. Оптимальні рівні Ni для деревних рослин оцінюються діапазоном 0,5–100 мкг/г. Перевищення цих значень може викликати токсичність, що

проявляється у пригніченні росту, хлорозах та некрозах листя. Концентрації Ni у біомасі листя *R. pseudoacacia* становили 180–420 мкг/г, а у *A. platanoides* – від 110 до 1270 мкг/г.

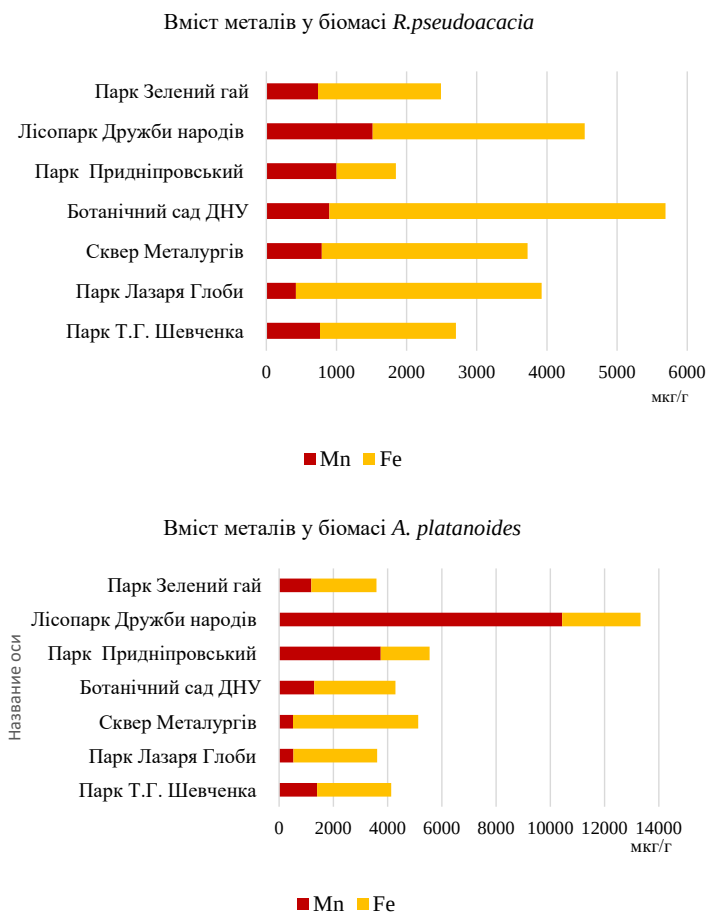


Рис. 1. Вміст металічних елементів у біомасі листя досліджуваних видів

Аналіз даних рис. 2., дозволив встановити, що у листі *R. pseudoacacia* домінує Fe, який складає 73% від загального вмісту досліджуваних металів, на другому місці Mn з 24%. Вміст кобальту Co і Ni є мінімальним – 1–2%.

Для біомаси *A. platanoides* характерна інша тенденція: найбільша частка припадає на Mn – 47%, тоді як Fe становить близько 50%. Ni і Co, як і у іншого досліджуваного виду, присутні в дуже незначних кількостях до 1–2% відповідно.

Загальні висновки.

Отримані дані свідчать про те, що *A. platanoides* має тенденцію до більшого накопичення усіх досліджуваних металічних елементів, а також про більшу варіабельність їх концентрацій у порівнянні з *R. pseudoacacia*. Обидва види активно накопичують Fe і Mn, але у робінії несправжньоакації переважає Fe, а у клена гостролистого спостерігається більш збалансований розподіл між Манганом та Ферумом. Вміст Co та Ni є незначним у біомасі обох досліджуваних видів. Це

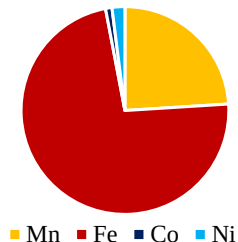
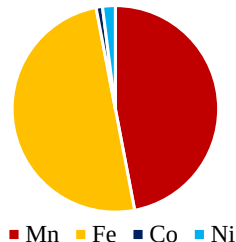
Відносний розподіл металів у
біомасі *R. pseudoacacia*Відносний розподіл металів у
біомасі *A. platanoides*

Рис. 2. Відносний розподіл металічних елементів у біомасі листя досліджуваних видів

може бути зумовлено як біологічними особливостями видів, так і впливом екологічних чинників, включно із забрудненням середовища та характеристиками ґрунту у різних парках міста Дніпро. Відмінності у їх накопиченні відображають адаптаційні механізми дерев до локальних умов міського середовища. Отримані результати підкреслюють важливість регулярного моніторингу міських зелених насаджень для оцінки їхнього екологічного стану та релевантності застосування у фіторе mediaційних технологіях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Сараненко І. І. Екологічні особливості поглинання важких металів деревними рослинами північної частини міста Кременчука. *Біологічні системи*. 2015. Т. 7. № 2. С. 204–208.
2. Rascio N., Navari-Izzo F. Heavy metal hyperaccumulating plants: How and why do they do it? And what makes them so interesting? *Plant Science*. 2011. Vol. 180(2). P. 169–181. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2010.08.016>.
3. Molnár V. É., Tóthmérész B., Szabó Sz., Simon E. Pollution assessment in urban areas using air pollution tolerance index of tree species. *Air Pollution*. 2018. Vol. 230. P. 367–378.
4. Pulford I. D., Watson, C. Phytoremediation of heavy metal-contaminated land by trees: A review. *Environment International*. 2003. Vol. 29. P. 529–540.
5. Вишенська І., Козак О. Природні та інвазійні деревні види рослин для повоєнного відновлення лісів України. *Наукові записки НаУКМА. Біологія і екологія*. 2024. № 5. С. 33–39.
6. Wiche O., Zertani V., Hentschel W., Achziger R., Midula, P. (2017). Germanium and rare earth elements in topsoil and soil-grown plants in different land use types in the mining area of Freiberg (Saxony). *Journal of Geochemical Exploration*, 175, 120–129. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2017.01.002>.

УДК 502.504

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.144.43>

ОЦІНКА ВПЛИВУ УЗБІЧЧЯ ДОРІГ НА БІОРІЗНОМАНІТТЯ (НА ПРИКЛАДІ АВТОШЛЯХІВ ЧЕРКАСЬКОЇ ОБЛАСТІ)

Сонько С.П. – д.г.н.,

професор кафедри екології та безпеки життєдіяльності,

Уманський національний університет

orcid.org/0000-0002-7080-9564

Мамчур Т.В. – к.с.-г.н.,

доцент кафедри біології,

Уманський національний університет

orcid.org/0000-0001-9320-814X

Огілько С.П. – д.філос. з наук про Землю,

викладач-стажист кафедри екології та безпеки життєдіяльності,

Уманський національний університет

orcid.org/0009-0001-5133-8314

Неженцев А.С. – аспірант кафедри екології та безпеки життєдіяльності,

Уманський національний університет

orcid.org/0009-0003-8234-0681

При будь-якому втручанні людини у екосистемну динаміку в процесі формування антропогенних ландшафтів (в тому числі і дорожніх) треба очікувати адекватної відповіді природних екосистем у вигляді формування адаптаційних механізмів. Іншою мовою на місці колишньої природної екосистеми в результаті дорожнього будівництва формуються адаптовані до нових умов екосистеми. Характерними особливостями доріг є їх вузька безперервна форма з доволі значною площею узбічч (порівняно з серцевиною), які підтримують екосистеми, відмінні від прилеглих земель.

Відтак, головна увага авторів зосереджувалась на екосистемному аспекті позначеної проблеми, а саме: видовому складі рослинних угруповань, зовнішніх ознаках життєдіяльності тварин у придорожніх зонах, ознаках порушення екосистемної динаміки дорожого (фрагментація екоотопів, загибель тварин внаслідок збиття автотранспортом та ін.).

Основним питанням, на яке була отримана відповідь, було – наскільки суттєво придорожні екосистеми автошляхів лівобережної Черкащини (напрямки Канів – Золотоноша – Чорнобай) відмінні від природних екосистем цієї місцевості. Наявність таких змін встановлювалась за допомогою порівняння зафіксованої флори з відповідним її переліком у Національному каталозі біотопів. Загалом, рудеральні ценози, що виникають на нових екотопах в результаті діяльності людини, відновлюють деградовані субстрати, беруть участь у біогеохімічних циклах, та є необхідною умовою для відновлення природного рослинного покриву після його повного знищення. Водночас, рудеральні угруповання є основними центрами поширення чужорідних видів, що являє реальну загрозу біорізноманіттю природних екосистем.

Рослинні угруповання по окремих точках дослідження формуються майже усіма родинами рудеральної і абorigineної флори. Найбільш розповсюдженими є рослини родини айстрових. На усіх точках було зафіксовано розповсюдження інвазійних рослин.

Результати нашого дослідження після його завершення дозволять встановити певні закономірності розповсюдження рудеральної рослинності, яка згодом сформує стійкі до зовнішніх збурень екосистеми.

Ключові слова: екосистемний, придорожній, рослинність, угруповання, інвазійний.

Sonko S.P., Mamchur T.V., Ogilko S.P., Nezhentsev A.S. Assessment of the impact of roadsides on biodiversity (using the example of Cherkasy region highways)

With any human intervention in ecosystem dynamics in the process of forming anthropogenic landscapes (including road ones), one should expect an adequate response of natural ecosystems

in the form of the formation of adaptation mechanisms. In other words, on the site of the former natural ecosystem, as a result of road construction, ecosystems adapted to new conditions are formed. The characteristic features of roads are their narrow continuous form with a rather significant area of roadsides (compared to the core), which support ecosystems different from the adjacent lands.

Therefore, the main attention of the authors was focused on the ecosystem aspect of the indicated problem, namely: the species composition of plant communities, external signs of animal life in roadside areas, signs of disruption of ecosystem dynamics by the road (fragmentation of ecotopes, death of animals as a result of being hit by vehicles, etc.).

The main question to which the answer was received was – how significantly the roadside ecosystems of the left-bank Cherkasy region (directions Kaniv – Zolotonosha – Chornobai) differ from the natural ecosystems of this area. The presence of such changes was established by comparing the recorded flora with its corresponding list in the National Biotope Catalog. In general, ruderal coenoses that arise in new ecotopes as a result of human activity restore degraded substrates, participate in biogeochemical cycles, and are a necessary condition for the restoration of natural vegetation cover after its complete destruction. At the same time, ruderal communities are the main centers of distribution of alien species, which poses a real threat to the biodiversity of natural ecosystems. Plant communities at individual points of the study are formed by almost all families of ruderal and aboriginal flora. The most widespread are plants of the Asteraceae family. The spread of invasive plants was recorded at all points.

The results of our study, after its completion, will allow us to establish certain patterns in the spread of ruderal vegetation, which will subsequently form ecosystems resistant to external disturbances.

Key words: *ecosystem, roadside, vegetation, group, invasive.*

Постановка проблеми. Оцінці впливу доріг на біорізноманіття приділяється значна увага в сучасних екологічних дослідженнях [22]. Сьогодні багато доріг і автомагістралей перетинають ландшафти, екосистеми та впливають на місцеві середовища існування.

Будівництво та розширення доріг призводить до втрати середовища проживання диких тварин через перетворення природних середовищ існування на тротуар, ґрунтові доріжки та розчищені узбіччя або смуги відведення. Проте, рослини угруповання з рудеральних та інвазійних видів рослин швидко заповнюють новостворені екологічні ніші, які виникають у придорожніх ландшафтах [19].

На думку авторів природні ландшафти, стійкість яких підтримується відповідною екосистемною динамікою, повинні стати тим еталоном, з яким треба порівнювати будь які втручання і впливи людини на довкілля. Біосфера саме завдяки наявності феномену життя може по різному «боротись» з такими впливами – елімінувати, толерувати, адаптуватись, зводити нанівець [7]. Власне, цей феномен знаходиться у предметному полі сучасної екології як науки про взаємовідносини організму і середовища. Відтак, при будь якому втручанні людини у екосистемну динаміку в процесі формування антропогенних ландшафтів (в тому числі і дорожніх) треба очікувати адекватної відповіді природних екосистем у вигляді формування адаптаційних механізмів. Іншою мовою на місці колишньої природної екосистеми в результаті дорожнього будівництва формуються адаптовані до нових умов екосистеми, які С.П.Сонько називає «ноосферними» [9, 20]. Насправді в придорожніх ландшафтах з феноменальною швидкістю формуються адаптовані до антропогенного втручання екосистеми, завершеність формування яких була досліджена нами раніше [15]. Дана стаття знаменує завершальний етап дослідження формування придорожніх екосистем, але цього разу на лівобережжі Черкаської області.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Більшість екологічних досліджень доріг зазвичай зосереджені на їхньому шкідливому впливі, і ці упередження перешкоджають повній оцінці екологічних функцій доріг. Характерними

особливостями доріг є їх вузька безперервна форма з доволі значною площею узбічч (порівняно з серцевиною), які підтримують екосистеми, відмінні від прилеглих земель. Вплив узбіччя доріг сильніший, оскільки дороги мають набагато більшу щільність ландшафту, є непроникними, завжди перевозять людей і транспортні засоби, які самі по собі створюють певний шум, світло, забруднення та фізичні перешкоди [18].

Ефекти краю дороги посилюються, оскільки багато з них є постійними. Згідно [21], загальний вплив доріг і транспортної інфраструктури на біорізноманіття є триєдним:

- Багато видів впливу на окремих ділянках дороги є кумулятивними – накопичення забруднюючих речовин від транспортних засобів, утримання придорожніх сільгоспугідь, підпір поверхневих вод дорожніми насипами.

- Вплив кількох доріг є кумулятивним на рівні певного ландшафту, оскільки нові дороги будуються, а старі не ліквідуються. Це посилює вплив на «незачеплені» частки природних екосистем, що сприяє їхній фрагментації.

- Деякі негативні впливи мають відстрочену дію, наприклад, ефекти фрагментації, які перешкоджають повторній колонізації залишкових середовищ існування фауною і збільшення кількості рудеральної та інвазійної флори.

В роботі [17] був досліджений вплив відстані від узбіччя та віку дороги на багатство, різноманітність і склад рослинних видів на 17 ділянках. Результати показали, що видів було більше поблизу узбіччя дороги, ніж далі від узбіччя (>200 м). Видове багатство та різноманітність рослин збільшувалося з віком дороги на більшості виміряних відстаней, тоді як видове багатство на узбіччі дороги значно зростало із віком дороги та досягало піку у віці дороги 20 років після того, як багатство видів стабілізувалось.

Моніторингові дослідження автотраси Київ-Одеса як ландшафтно-інженерної системи але на всій її протяжності проводились у 2021 році Р.В. Дідурою. Згідно автору, дорожні ландшафтно-інженерні системи (ДЛІС) це зонально-азональні структури техногенного походження і їх пізнання можливе на геотехнічному рівні, що охоплює знання природничої географії, ландшафтознавства, техніки, економіки, екології тощо [5].

Геохімічні дослідження присвячені накопиченню мікро-елементів (Cu, Pb, Zn, Cd) фітомасою рослин техногенно трансформованих екотопів (на прикладі м. Черкаси) здійснено Н.М.Корнелюком та С.М.Конякіним [8].

Наша головна увага була на екологічному, точніше екосистемному аспекті позначеної проблеми. Важливим є те, що виділені нами шляхи сполучення в межах Черкаської області майже повністю «накриваються» Галицько-Слобожанським екологічним коридором, який є вагомою складовою частиною національної екологічної мережі [1, 10, 11].

Аналізуючи наведені вище роботи важливо звернути увагу на такі кількісні і якісні параметри придорожніх ландшафтів, які можуть впливати на їх екосистемну динаміку:

- Видовий склад рослинних угруповань, який може бути показником окремих впливів доріг, наприклад, наявність галофітних рослин свідчить про боротьбу з заледенінням за допомогою солі[4], або режим промивання ґрунту недостатній; наявність інвазійних рослин – інтенсивність перенесення їхнього насіння транспортними засобами чи птахами; наявність гідрофітних рослин, яка може засвідчити недостатній дренаж дорожнього полотна (підпір водоносних горизонтів) та ін.

- Зовнішні ознаки життєдіяльності тварин у придорожніх зонах (мурашники, нори, екскременти, прояви полювання хижаків, рештки тварин та ін.) для оцінки повноти екосистемних взаємозв'язків в придорожніх екосистемах.

– Ознаки порушення екосистемної динаміки дорогою (фрагментація екотопів, загибель тварин внаслідок збиття автотранспортом та ін.).

Постановка завдання. Наше дослідження було зосереджено на визначенні динаміки та напрямків розвитку придорожніх екосистем, що формуються на лівобережжі Черкаської області. Основними питання, на які потрібно було відповісти, були:

1. Наскільки суттєво придорожні екосистеми автошляхів лівобережної Черкащини (напрямки Канів – Золотоноша – Чорнобай) відмінних від природних екосистем цієї місцевості. Зокрема, оцінка усіх (або деяких видів впливу). Склад ґрунтів, гідрологічний режим, фіто- та зоорізноманіття, запиленість, шумове забруднення, радіаційний фон та ін. Тобто, визначення сучасного стану даних придорожніх екосистеми за допомогою низки показників.

2. Як ці екосистеми адаптувались до умов антропогенного впливу (зміна видового складу рослин і тварин, формування нових трофічних відносин та ін.).

3. Що слід зробити для того щоб зменшити негативний вплив транспортної діяльності на вже нову, адаптовану до умов довкілля екосистему.

Моніторингові дослідження проведено маршрутним просуванням на автомобілі шляхами: с. Згар – с. Піщане – с. Софіївка – с. Нова Дмитрівка – с. Кропивна – м. Іркліїв – кордон Черкаської та Полтавської областей на Кременчуцькому водосховищі – с.Новий Коврай – Чехівська насосна станція). Загалом було здійснено 9 зупинок для вимірювань і відповідного відбору проб. Зупинки здійснювались в місцях відгалуження бокових доріг, що примикають до головної з метою просування вбік (праворуч чи ліворуч) на відстань до 50 м для визначення ступеня зміни екосистемних взаємозв'язків залежно від відстані від головної траси [14].

На кожному з полігонів (точок відбору проб) було проведено такі типи вимірювань та спостережень:

- фіксація географічних координат;
- вимірювання радіаційного фону дозиметром ТЕРРА-П;
- фотографування флори та фауни безпосередньо біля дороги та в 25-30 метрах від неї (по 10 фотознімків) (фотокамера Nikon 5000);
- відбір проб ґрунту безпосередньо біля дороги та на відстані 25 метрів від неї (по 0,5 кг у пакет) з подальшим хімічним аналізом;
- виміри рівня шуму (Benetech GM1351);
- фіксація кількості транспортних засобів;
- вимірювання якості повітря за допомогою прилада Air quality detector.

Результати вимірів та фіксації показані на рис. 1, 2.

Виклад основного матеріалу досліджень. Важливим з методичної точки зору є підходи до формування екотопів у антропогенних ландшафтах. Ми будемо



Рис. 1. Інструментальна фіксація окремих показників, що характеризують умови в придорожніх екосистемах



Рис. 2. Фотофіксація представників флори в придорожніх екосистемах

притримуватись методичної схеми Р.І.Бурди. Згідно автора, характер і ступінь антропогенної трансформації місцезростувань, середовищ існування, а також біотопів, визначає формування специфічних рис антропогенного оселища, як такого оселища, в якому хоча б один з абіотичних або біотичних компонентів зазнали змін внаслідок прямого чи непрямого антропогенного впливу [2].

Передумовами для створення мотивованої, швидкої, відкритої, зрозумілої, доступної та простої класифікації антропогенних середовищ існування полягають у врахуванні низки їхніх ознак. Найважливіші з них є.

1. Місцезростування середовищ щодо рельєфу.
2. Місцезростання (біологічний цикл).
3. Відсутність єдиного домінуючого рослинного покриву – обов'язкова участь детермінант, що відображають антропогенні зміни в біотопі та фізіотипі.
4. Різноманітність типів природокористування.

Ми схилиємось до ідентифікації дорожніх насипів як елювіальних оселищ, розташованих на підвищених елементах рельєфу, оскільки кожна дорога має підвищений насип. Власне, згідно автора 14-й клас дорожньо-лінійних антропогенних екосистем належить до III-ї секції – екотехнічні, власне антропогенні, техногенні [2].

Згідно [12] вздовж автошляхів формуються наступні біотопи:

C1.1 Біотопи однорічних та дворічних рудеральних рослин;

C1.1.1 Біотопи однорічних ксерофітних трав на узбіччях доріг та пустирях;

1.1.2 Біотопи рудеральних малорічників на бідних ґрунтах;

I:2.1 Біотопи дрібних рудеральних трав та занедбаних земель.

C1.2.2 Рудеральні біотопи багаторічних трав нітрофільного типу;

I:2.22 Біотопи мезофітних рудеральних трав нітрофільного типу (Біотопи Лісової і Лісостепової зон України).

Загалом, рудеральні фітоценози в урбанізованих та техногенних умовах можуть стати екологічними нішами для багатьох видів фауни та сприяти регенерації екосистем [12]. Водночас, рудеральні угруповання є основними центрами поширення чужорідних видів, особливо тих, що мають високий інвазійний потенціал та видів-трансформерів, які становлять реальну загрозу біорізноманіттю природних екосистем [6, 16].

Крім перелічених показників і характеристик також було застосовано кількісні оцінки ступеню біорізноманіття [3]. Дослідження за такою програмою було здійснено нами на двох автошляхах Черкаської області Київ-Одеса та Вінниця-Черкаси у 2023 році [15].

На даному етапі досліджень головна увага приділялась ідентифікації окремих видів рослин і рослинних угруповань. Решту результатів автори отримають після проведення лабораторних досліджень проб ґрунту, зразків рослин та аналізу біорізноманіття. Дані експедиційних моніторингових досліджень було занесено у відповідну таблицю (табл. 1).

Рослинні угруповання по окремих точках дослідження формуються майже усіма родинami рудеральної і аборигенної флори.

Рослинність представлена родинami: *Amaranthaceae* Juss. (Амарантові); *Arosynaceae* Juss. (Ластівневі); *Asteraceae* Bercht. & J.Presl (Айстрові); *Boraginaceae* Juss. (Шорстколисті); *Brassicaceae* Burnett (Капустяні або хрестоцвітні); *Caryophyllaceae* Juss. (Гвоздикові); *Fabaceae* Lindl. (Бобові); *Euphorbiaceae* Juss. (Молочасві або молочайні); *Hypericaceae* Juss. (Звіробійні); *Lamiaceae* Martinov (Глухокропівові або губоцвітні); *Papaveraceae* Juss. (Макові); *Poaceae* Barnhart (Тонконогові); *Polygonaceae* Juss. (Гречкові); *Portulacaceae* Juss. (Портулакові); *Ranunculaceae* Juss. (Жовтецеві); *Rosaceae* Juss. (Трояндові або Розові); *Rubiaceae* Juss. (Маренові); *Sapindaceae* Juss. (Сапіндові); *Equisetaceae* Michx.

Деякі параметри динаміки формування придорожніх екосистем вздовж автошляхів лівобережної Черкащини

№ з/п	Точки відбору проб	Геогр. координати	Затягність повітря (бали)	Феноли (mg/m ³)	Опр. сполуки (mg/m ³)	Пилкові частки РМ _{2,5} (µg/m ³)	Пилкові частки РМ ₁₀ (µg/m ³)	CO (ppm)	CO ₂ (ppm)	Температура (°C)	Вологість (%)	Радіаційний фон (mSv/h)	Рівень шуму вант. авто (db)	Рівень шуму легк. авто (db)	Рівень шуму на-саж.авто (db)	Кількість видів рослин (од.)	Кількість інваз. видів (од.)	Кількість видів рос-лин з національного каталогу біотопів (од.)
1	с. Згар	49°39'23,1" N 32°06'34,8" E	4	0,008	0,09	0,009	0,009	003	0443	31,2	52	0,13	83,4	78,5	80,2	36	4	13
2	с. Піщане	49°44'00,9" N 31°52'33,0" E	5	0,008	0,009	0,009	0,009	003	0437	23,3	56	0,13	90,9	85,5	82,5	26	5	6
3	с. Софіївка	49°52'10,0" N 31°44'00,0" E	2	0,053	0,604	0,17	0,32	012	0531	22,3	61	0,16	88,8	82,3	87,3	18	1	8
4	с. Н. Дмитрівка	49°42'05,9" N 31°58'42,5" E	2	0,555	0,613	0,16	0,20	013	0501	23,7	55	0,14	87,4	84,0	89,0	21	2	5
5	с. Кропивна	49°38'10,6" N 32°10'56,6" E	3	0,053	0,598	0,16	0,20	013	0502	22,5	56	0,16	87,5	82,4	86,3	44	2	14
6	м. Іркліїв	49°30'53,9" N 32°23'02,3" E	3	0,052	0,579	0,25	0,32	013	0480	23,5	50	0,13	87,3	88,6	83,9	29	5	6
7	Кордон областей	49°28'38,2" N 32°39'50,0" E	3	0,052	0,565	0,16	0,20	013	0502	27,4	49	0,15	88,1	81,15	-	21	3	9
8	с. Новий Коврай	49°28'38,2" N 32°39'50,0" E	3	0,052	0,566	0,16	0,20	012	0537	25,7	50	0,15	89,18	84,9	88,2	6	-	1
9	Чехівська насосна станція	49°30'14,4" N 32°13'17,2" E	3	0,050	0,540	0,29	0,38	012	0476	26,0	49	0,13	-	-	-	9	2	5

ex DC. (Хвощеві); Apiaceae Lindl. (Окружкові або зонтичні); Convolvulaceae Juss. (Березкові); Geraniaceae Juss. (Журавцеві, геранієві); Scrophulariaceae Juss. (Ранникові); Urticaceae Juss. (Кропивові); Balsaminaceae A. Rich. (Бальзамінові); Malvaceae Juss. (Мальвові); Plantaginaceae Juss. (Подорожникові); Violaceae Batsch. (Фіалкові); Cannabaceae Martinov. (Коноплеві); Superaceae Gen. Pl. (Осокові); Onagraceae Juss. (Онагрові); Solanaceae Juss. (Пасльонові); Sapindaceae Juss. (Сапіндові); Aristolochiaceae Juss. (Хвилівникові); Salicaceae Mirb. (Вербові); Ulmaceae Mirb. (В'язові). Найбільш розповсюдженими є рослини родини айстрових.

На усіх точках було зафіксовано розповсюдження інвазійних рослин, таких як: *Asclepias syriaca* L. (Ваточник сирійський), *Ambrosia artemisiifolia* L. (Амброзія полинолиста), *Erigeron annuus* (L.) Desf. (Злінка однорічна), *Euphrosyne xanthiifolia* (Nutt.) A.Gray (Чорнощир звичайний), *Robinia pseudoacacia* L. (Робінія звичайна), *Erigeron canadensis* L. (Злінка канадська), *Acer negundo* L. (Клен ясенелистий), *Ulmus pumila* L. (В'яз низький, в. карликовий), *Solidago canadensis* L. (Золотушник канадський).

Аналізуючи таблицю 2 за кількістю зафіксованих видів, звертають на себе увагу полігони 1 (с.Згар) і 5 (с.Кропивна), відповідно 36 і 44. В них же найбільша кількість рослин, що характерні для відповідних біотопів з національного каталогу, відповідно 13 і 14.

Наочний зв'язок між загальною якістю повітря і кількістю зафіксованих видів рослин (як, наприклад, на полігонах 1,2,3,8) вимагає застосування кореляційного аналізу, чому автори присвятять свої майбутні дослідження. Теж саме стосується залежності між рівнем шуму та загальною кількістю рослин. Для 1-го і 5-го полігонів така наочна залежність має бути підтверджена результатами кореляційного аналізу.

Решта показників, наведених в таблиці можуть, заграти новими барвами у разі їх доповнення майбутніми результатами повторюваності рослин, а також у разі їх порівняння методом пелюсткових діаграм, що автори неодмінно зроблять по завершенню обробки даних експедиційних досліджень.

Висновки. Автошляхи виконують різні екологічні функції, які впливають на дику природу.

1. Дороги функціонують як середовища існування, джерела, поглиначі, бар'єри та канали. Залежно від дороги, її розташування та кількості транспортних засобів, які нею рухаються, деякі з цих функцій можуть мати важливе екологічне значення.

2. Як середовища існування, дорожні коридори можуть утримувати цілі популяції рослин і тварин і можуть мати значення для їх збереження. Якщо вони містять деякі з останніх місцевих або насінневих середовищ існування виду, вони можуть бути критично важливими.

3. Дослідження окремих параметрів, які характеризують формування екосистемних зв'язків у придорожніх ландшафтах автошляхів правобережжя Черкаської області і порівняння цих параметрів з Національним каталогом біотопів дозволяє встановити певні закономірності розповсюдження рудеральної рослинності, яка згодом сформує стійкі до зовнішніх збурень екосистеми.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Бойко О.В., Гончар О.Ф., Гавриш О.М., Осокіна Т.Г. Формування екологічної мережі Черкаської області. *Агроекологічний журнал*. 2019. Вип. 3. С. 14–19.
2. Бурда Р.І. Принципи укладання класифікаційних схем оселищ на основі антропогенних екосистем за типами природокористування. *Біотопи (оселища) України: наукові засади їх дослідження та практичні результати інвентаризації*. (Матеріали робочого семінару. Київ, 21–22 березня 2012 року.) / за ред. Я.П.Дідуха, О.О. Кагала, Б.Г. Проця. Київ-Львів, 2012. 194 с.

3. Вагалюк Л.В. Біорізноманіття: екологічні аспекти. Методичні рекомендації для виконання практичних робіт для здобувачів третього рівня вищої освіти зі спеціальності 101 Екологія. Київ : НУБіП України, 2022. 38 с.
4. Галофіти. *Екологічний словник*. URL: <https://jak.koshachek.com/articles/galofiti-ekologichnij-slovnik-enciklopedii.html>.
5. Дідура Р.В. Дорожні ландшафтно-інженерні системи: структура, оптимізація (на прикладі автотраси Київ–Одеса): дис. ... д-ра філософії: 11.00.11. Вінниця, 2021. 182 с.
6. Дубина Д.В., Смельянова С.М., Дзюба Т.П., Устименко П.М., Фельбаба-Клушина М., Давидова А.О., Давидов Д.А., Тимошенко П.А., Барановський Б.О., Борсукевич Л.М., Вакаренко Л.П., Винокуров Д.С., Дацюк В.В., Єременко Н.С., Іванько І.А., Лисогор Л.П., Казарінова Г.О., Кармизова Л.О., Махиня Л.М., Пашкевич Н.А., Фіцайло Т.В., Шевєра М.В., Ширяєва Д.В. Рудеральна рослинність України: синтаксономічна різноманітність і територіальна диференціація. *Чорноморський ботанічний журнал*. 2021. 17 (3). С.253–275.
7. Екологічні основи збалансованого природокористування у агросфері: навчальний посібник / за ред. С.П.Сонька та Н.В.Максименко. Харків : ХНУ імені В.Н.Каразіна, 2015. 568 с.
8. Корнелюк Н.М., Конякін С.М. Особливості сезонного накопичення мікро-елементів (Cu, Pb, Zn, Cd) фітомасою рослин техногенно трансформованих екотопів (на прикладі м. Черкаси). *Науково-практичний журнал «Екологічні науки»*. 2020. Вип. 28, том. 1. С. 335–343.
9. Корсак К.В., Корсак Ю.К. Прогноз найближчого ноомайбутнього людства та України. *Міжнародний науковий журнал «Грааль науки»*. 2021. № 6. С. 270–286.
10. Мовчан Я.І. Національна екомережа. *Енциклопедія Сучасної України*. URL: <https://esu.com.ua/article-71064/>
11. Національні і регіональні екологічні коридори. URL: <http://www.povaecologia.org/voecos-315-3.html>.
12. Національний каталог біотопів України / за ред. А.А. Куземко, Я.П.Дідуха, В.А.Онищенка, Я. Шеффера. Київ : ФОП Клименко Ю.Я., 2018. 442 с.
13. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Черкаській області у 2021 році. Управління екології та природних ресурсів Черкаської обласної державної адміністрації. URL: <https://docs.google.com/document/d/1Ph3-6L340rNxBGbvV9umczAaJ7YqAoCV/edit?pli=1>.
14. Сонько Сергій, Неженцев Антон. Визначення маршруту моніторингового дослідження придорожніх екосистем, що формуються вздовж автошляхів ліво-бережної частини Черкаської області Актуальні проблеми формальної і неформальної освіти з моніторингу довкілля та заповідної справи : зб. тез доповідей IV Міжнародної Інтернет-конференції (м. Харків, 18 квітня 2025 року). – Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2025. – 189 с.
15. Kravtsova, I., Sonko, S., Vasylenko, O., Gursky, I., & Ogilko, S. Formation of biocenoses in roadside landscapes of Cherkasy Region. (2024). *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University. Series "Geology. Geography. Ecology"*, (61), 313-328. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-61-25>.
16. Parakhnenko V. G. Economic losses of phytodamage of the ecosystems of the territory around railways by adventitious plants in the city of Znamyanka, Kirovohrad region. *Economic Horizons*. 2022. No. 1(19). P. 64–72.
17. Sheng-Lan Zeng, Ting-Ting Zhang, Yu Gao, Bin Zhao. Effects of road age and distance on plant biodiversity: A case study in the Yellow River Delta of China. *Plant Ecology. Follow journal*. 2011. 212(7) P. 1213-1229.
18. Simcock R., Innes J., Samarasinghe O., Lambie S., Peterson P., Glen A., Faville N. Road edge-effects on ecosystems: A review of international and New Zealand literature, an assessment method for New Zealand roads, and recommended actions. *Waka Kotahi NZ Transport Agency research report*. 2022. P. 692.
19. Sonko S., Mamchur T., Kravtsova I., Mostoviak I., Kyselov Yu.. Geobotanical study of ruderal vegetation in the geocological monitoring program of roadside ecosystems of the Cherkasy oblast. / Науковий вісник Чернівецького університету : Географія Випуск 842, 2023. С.С.103-111. DOI: <https://doi.org/10.31861/geo.2023.842.103-111>.
20. Sonko S. Man in Noosphere: Evolution and Further Development. *Philosophy and Cosmology*. 2019. Volume 22. P. 51-75.
21. Wildlife crossing structure handbook design and evaluation in North America. Chapter 2 – Wildlife populations and road corridor intersections. URL: https://www.fhwa.dot.gov/clas/ctip/wildlife_crossing_structures/ch_2.aspx.
22. Yeom K. Development of urban air monitoring with high spatial resolution using mobile vehicle sensors. *Environ Monit Assess*. 2021. 193. P. 375. <https://doi.org/10.1007/s10661-021-09139-2>.

УДК 631.861; 628.477

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.144.44>

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ МІКРОКОМПОСТУВАННЯ З ПОДАЛЬШИМ БЕЗТРАНСФЕРНИМ ВИКОРИСТАННЯМ КОМПОСТУ

Тихомирова Т.С. – к.т.н., доцент,

доцент кафедри хімічної техніки та промислової екології,

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

orcid.org/0000-0001-9124-9757

Разно М.Р. – аспірант кафедри хімічної техніки та промислової екології,

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

orcid.org/0009-0004-9721-7210

У статті досліджено процес мікрокомпостування органічних відходів, які утворюються в індивідуальних домогосподарствах. Процес мікрокомпостування відбувається у невеликих ямах, що в подальшому дозволяє безтрансферне використання утвореного компосту, наприклад для висадки ягідних куців. У роботі досліджено процес компостування суміші органічних відходів, які складаються переважно з зелених садових відходів та харчових відходів в умовах відсутності традиційного компоненту компосту –гною та без додаткового зволоження та періодичного перемішування компосту.

Було встановлено, що процес компостування у ямах розміром 80х80, глибиною 50 см йде повільніше, ніж аналогічний процес у купах при закладанні однакового за складом компосту. Про це свідчить різниця у вологості між зразкам компосту, в тому числі через один рік після початку процесу компостування. У перші 20 днів після закладки різниця у вологості зразків не суттєва та не перевищує 2,5 мас.%; через 30 днів після закладки компосту вологість зразків з ями на 5 мас.% менша, ніж у зразків з купи. У наступні дні різниця у вологості зразків збільшується, досягаючи 20,1 мас.% через 90 днів після закладки. Максимальна вологість компосту у ямах в процесі дослідження становила 56 мас.% на 130 добу від закладки та далі не збільшувалась.

Процес мінералізації органічної речовини також у ямах йде повільніше, ніж у купах, про що свідчить різниця у вмісті нітрогену, фосфору та калію у зразках компосту. Через рік, у компості, який формувался у ямі, та компостом, який формувался у купі різниця між вмістом К становить 18 мг/кг; Р – 2 мг/кг; N – 17 мг/кг. Не дивлячись на менший вміст N, K, P у зразках компосту, який формувался у ямах у невеликих об'ємах, отриманий компост є дозрілим органічним добривом, про що також свідчить значення рН водної витяжки через 360 днів після закладки компосту, рН = 7,2.

Доцільність подальшого безтрансферного використання утвореного компосту було доведено при висадці в ями куців чорної смородини. Через рік після висадки спостерігалось в цілому кращий розвиток куців у ямах з компостом, ніж у контрольних висадках у непідготовлений ґрунт.

Поширення технології мікрокомпостування, в тому числі в умовах відсутності такої складової компосту, як гній та без додаткового зволоження, є перспективним для індивідуальних домогосподарств, особливо на деокупованих територіях при відновленні традиційного присадибного сільського господарства та для домогосподарств, де кількість утворених відходів є невеликою.

Ключові слова: мікрокомпостування; органічні відходи; безтрансферне використання; деокуповані території; індивідуальні домогосподарства.

Tykhomyrova T.S., Razno M.R. Microcomposting process research with further non-transferable compost use

Organic waste generated in individual households' microcomposting process is researched in this work. The microcomposting process takes place in small pits, which subsequently allows for the non-transferable compost to be used, for example, for planting berry bushes. The composting process for an organic waste mixture, which consists mainly of green garden waste and food waste in the absence of the traditional compost component – manure and without additional moistening

and periodic compost` mixing was researched in this work. It was found that the composting process in pits measuring 80x80, 50 cm deep is slower than a similar process in piles when laying compost of the same composition. This is evidenced by the difference in moisture content between compost samples, including one year after the start of the composting process. In the first 20 days after laying, the difference in samples` moisture content is not significant and does not exceed 2.5 wt.%; 30 days after composting, the moisture content of samples from the pit is 5 wt.% lower than that of samples from the piles. In the following days, the difference in moisture content increases, reaching 20.1 wt.% 90 days after composting. The maximum moisture content of compost in the pits during the study was 56 wt.% on the 130th day after composting and did not increase further. The organic matter mineralization process also proceeds more slowly in the pits than in the piles, as evidenced by the difference in the nitrogen, phosphorus, and potassium content in the compost samples. After a year, in the compost formed in the pit and the compost formed in the piles, the difference between the K content is 18 mg/kg; P – 2 mg/kg; N – 17 mg/kg. Despite the lower content of N, K, and P in the compost samples, which were formed in small volumes in the pits, the resulting compost is a mature organic fertilizer, as also evidenced by the pH value of the water extract 360 days after the compost was laid, pH = 7.2.

The further transfer-free use feasibility of the formed compost was proven when planting blackcurrant bushes in the pits. A year after planting, generally better development of the bushes was observed in the pits with compost than in the control plantings in unprepared soil.

The microcomposting technology spread, including in the manure absence and without additional moistening, is promising for individual households, especially in de-occupation territories during the traditional household agriculture restoration and for households where the waste generated amount is small.

Key words: microcomposting; organic waste; non-transferable use; deoccupied territories; individual households.

Постановка проблеми. Процес компостування органічних відходів переважно відбувається у спеціально обладнаних буртах або контейнерах чи у купах на поверхні ґрунтів. Матеріальні та трудові витрати більші при облаштуванні буртів чи закупівлі спеціальних контейнерів для компостування ніж при улаштуванні куп, проте процес складування у купи вимагає певних спеціальних навичок. Описані вище витрати або необхідність спеціальних навичок призводить до того, що при невеликих обсягах органічних відходів, особливо в індивідуальних домогосподарствах, процес компостування майже не використовується. Альтернативним методом компостування є здійснення такого процесу у заглибленнях у ґрунтах, тобто у ямах, в тому числі без додаткового зволоження. Ефективність компостування у невеликих ямах та вплив отриманого компосту на локальну родючість ґрунтів є маловивченим, особливо при безтрансферному використанні отриманого компосту для вирощування плодкових кущів або дерев.

Аналіз публікацій. У роботі [1, с. 75] автори довели можливість компостування різноманітних органічних відходів прямим методом закладання відходів у ями з наступним накриттям ям поліетиленовою плівкою, а також дослідили процеси компостування в умовах нестачі традиційних складових компосту та вологи, в тому числі на деокупованих територіях. Автори [2, с. 3] відзначають, що компостування у ямах відбувається повільніше, у порівнянні з іншими методами, зрілість та якість компосту у ямах на 60-ту добу гірша, ніж при інших досліджених способах компостування. При аеробному процесі компостування харчових відходів у домашніх умовах на 21 добу утворюється компост з слаболужним середовищем, який може потребувати ще додаткового періоду дозрівання [3, с. 4]. Компостування у побутових умовах є ефективним методом зменшення обсягів органічної фракції твердих побутових відходів, які потребують захоронення на полігонах. Прискорення процесу компостування за допомогою мікробіологічних препаратів як елемент підвищення поширеності компостування досліджено авторами у [4, с. 212]. Модульні установки з автоматичною подачею гною та вивантаженням

компосту, аерацією та змішуванням досліджено авторами [5, с. 2], доведено їх ефективність та можливість прямого використання отриманого компосту безпосередньо на полях, поблизу місць утворення гною та його компостування.

Використання при компостуванні не тільки рослинних решток та харчових відходів, а й відходів великотоннажних виробництв харчової галузі, наприклад дріжджових клітин рідких відходів дріжджового виробництва є комплексним підходом до управління відходами різних галузей та призводить до інтенсифікації процесу утворення дозрілого компосту [6, с. 54]

Метою даної роботи є дослідження процесу мікрокомпостування органічних відходів у невеликих ямах та ефективність його безтрансферного використання.

Матеріали та методи. Склад досліджуваного компосту був у всіх ямах наступний: гілки малинових кущів – 15 мас.%; харчові відходи які не містять дріжджів – 25 мас.%; свіжі зелені садові відходи – 35 мас.%; целюлоза – 10 мас.%; харчові відходи, які містять дріжджі (хліб пшеничний білий вищого та першого гатунку) – 10 мас.%; сухе опале листя фруктових дерев, окрім гороху волоського – 5 мас.%. Компост не містив тваринного посліду (гною) для моделювання процесу компостування в умовах деокупованих територій, де тваринництво відновлюється повільними темпами й спостерігається нестача або повна відсутність такого елементу компосту [1, с.73]. Зволоження – тільки природна атмосферна волога; початок закладання компосту – квітень 2023 року, тривалість накопичення компосту у ямах перед закриттям шаром ґрунту – 48 годин.

Компостування відбувалось у ямах, які викопувались безпосередньо у місцях майбутньої висадки ягідних кущів. Розмір ями становив 80x80 см, глибина 50 см (рис. 1а). Кількість закладених ям – 5 шт на відстані 1 м одна від одної. Нижній шар компосту складався з гілок середнього розміру та опалого листя (рис. 1б), далі шар харчових відходів та дрібних зелених садових решток, переважно трави (рис. 1в). Верхній шар компостної ями – ґрунт, без накриття полімерними матеріалами, відстань до краю ями ≤ 10 см (рис. 1г) з метою створення штучного заглиблення для утримання атмосферної вологи. В якості контрольного зразку використовувався компост, утворений у купі (рис. 1д).

Дослідження проводились у Харківській області, Харківський район у період з 2023 по 2025 рр. Механічний тип ґрунту у місцевості проведення дослідження – легкоглинистий, тип ґрунту – сірі опідзолені.

Вологість компосту визначалась ваговим методом за різницею мас зразків до та після сушки до постійної маси за температури 105°C згідно стандартної методики, описаної у [6, с.57], а також експрес методом з використанням портативного приладу для визначення параметрів ґрунтів Intelgent soil detector виробництва Китайської народної республіки (рис. 2а). Вміст окремих хімічних елементів у ґрунтах та компості визначався експрес методом з використанням портативного приладу YG-09 виробництва Китайської народної республіки (рис. 2б). Значення рН компосту визначали по водній витяжці електрометричним методом [7, с. 14] та безпосередньо у місці досліджень портативним приладом Intelgent soil detector (рис. 2а).

Результати досліджень. Процес компостування супроводжується збільшенням вологості компосту. Вода, так само як й вуглекислий газ та енергія, продукується мікроорганізмами, які розкладають органічну речовину [6, с.55]. Чим інтенсивніше відбувається перша, мезофільна стадія компостування, тим більша вологість компосту у визначений момент часу. Проведені у перші 3 місяці дослідження показали, що вологість зразків компосту, відібраних з середнього шару



Рис. 1. Дослідні компостні ями та компостна купа

а – розміри компостної ями; б – перший дренажний шар гілок куцив малини; в – шар харчових відходів та свіжих зелених відходів; г – верхній шар ґрунту; д – компостна купа

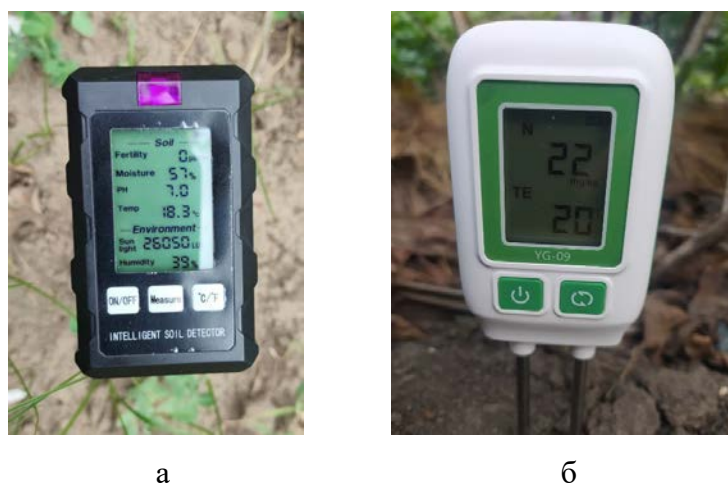


Рис. 2. Портативні прилади для аналізу параметрів ґрунтів

а – портативний прилад Inteleger soil detector; б – портативний прилад YG-09

ями та середнього шару купи суттєво відрізняються (табл.1). Процес мікрокомпостування у ямах йде повільніше, ніж у купах. У перші 20 діб після закладки різниця у вологості зразків не суттєва та не перевищує 2,5 мас.% (табл.1).

Проте вже через 30 діб після закладки компосту вологість зразків з ями на 5 мас.% менша, ніж у зразків з купи.

Таблиця 1

Зміна вологості зразків компосту в залежності від умов компостування

Місце утворення компосту	Вологість, мас.% через діб від закладки								
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Яма	25,2	26,8	29,5	33,3	36,8	39,4	42,2	44,1	45,3
	25,0	26,0	29,0	33,0	36,0	39,0	42,0	44,0	45,0
Купа	27,3	28,4	34,8	38,3	44,8	50,5	56,2	60,6	65,4
	27,0	28,0	32,0	38,0	44,0	50,0	56,0	60,0	65,0

Примітка 1- визначено ваговим методом; 2 – визначено експрес-методом

У наступні дні різниця у вологості зразків збільшується, досягаючи 20,1 мас% через 90 діб після закладки.

Максимальна вологість компосту у ямах в процесі дослідження становила 56 мас% на 130 добу від закладки та далі не збільшувалась.

Процес перетворення органічної речовини під час формування компосту також супроводжується втратою органічної складової, переважно вуглекислого газу й, відповідно, збільшенням неорганічної складової компосту. Окрім вологості компосту про інтенсивність процесу компостування можуть свідчити зміни у вмісті певних хімічних елементів. У даній роботі було досліджено зміну вмісту калію (K), фосфору (P) та нітрогену (N) на різних етапах формування компосту в ямах та у купі (рис.3). N, K, P входять до групи найважливіших мікроелементів, нестача яких призводить до неможливості отримання високих врожаїв та високого рівня укорінення сільськогосподарських рослин [8, с. 147]

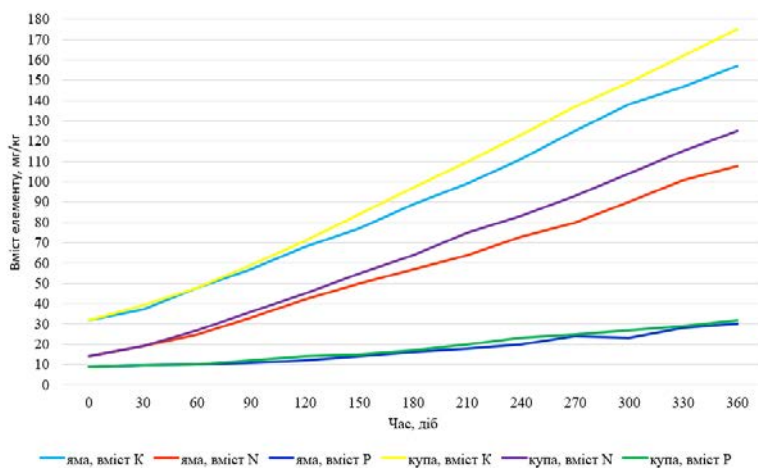


Рис. 3. Динаміка зміни вмісту калію, фосфору та нітрогену у компості різного ступеню зрілості в залежності від місця утворення та часу

Ґрунт, у якому відбувалось компостування характеризується дуже низьким вмістом мінеральних речовин: нітрогену – 5 мг/кг; фосфору – 6 мг/кг; калію – 20 мг/кг. За таких умов міграція вказаних елементів з ґрунту в компост є малоімовірним. Швидкість накопичення N, K, P у ямі менша за швидкість накопичення у купі (рис.3). Проте, різниця у швидкості накопичення спостерігається тільки після 60 діб компостування, а суттєвою різниця стає після 180 діб. Наприклад, у момент часу 240 діб від початку компостування вміст K у зразках компосту з ями на 12 мг/кг менша, ніж у зразках з купи; вміст N у зразках компосту з ями на 10 мг/кг менша, ніж у зразках з купи. Вміст фосфору зростає не так інтенсивно, як двох інших компонентів, що може бути зумовлено відсутністю гною у складі досліджуваного компосту. Через рік, у компості, який формувався у ямі, та компостом, який формувався у купі різниця між вмістом K становить 18 мг/кг; P – 2 мг/кг; N – 17 мг/кг. Не дивлячись на менший вміст N, K, P у зразках компосту, який формувався у ямах у невеликих об'ємах, отриманий компост є дозрілим органічним добривом, про що також свідчить значення рН водної витяжки через 360 днів після закладки компосту, рН = 7,2 (табл. 2). Оптимальне значення рН дозрілого компосту лежить в межах від 6 до 8 або навіть до 8,5 [1, с.75; 6, с.58]. різниця у значенні рН компосту, який утворився у купі та компосту, який формувався у ямі є незначним в кінці першого року формування.

Таблиця 2

рН водної витяжки компосту в залежності від місця формування

Місце утворення компосту	Значення рН у момент часу від початку формування, діб			
	90	180	300	360
яма	5,4 ¹	5,9	6,7	7,2
	5,5 ²	6,0	6,5	7,0
купа	5,7	6,1	6,8	7,3
	5,5	6,0	6,5	7,0

Примітка: 1 – значення рН, визначене в лабораторії; 2 – значення рН, визначене експрес методом

Безтрансферне використання утвореного у ямі компосту показало свою ефективність при посадці ягідних кущів. Для цього етапу досліджень через 1 рік після початку формування компосту, у квітні 2024 року, була проведена посадка кущів чорної смородини (*Ribes nigrum*) раннього сорту Мрія Київська безпосередньо у ями з компостом на глибину 40 см, зверху вкладався шар ґрунту товщиною 10 см. При посадці проводилось додаткове зволоження місця посадки у розрахунок 5 л води на один кущ. Саджанці мали висоту 25 см, одну гілку та 7 листових бруньок на ній, корінь довжиною до 7-10 см. Для порівняння було здійснено посадку таких саме саджанців смородини чорної звичайним методом на тій самій дослідній ділянці у ями розміром 50х50 см на глибину 40 см. Як було вказано вище, ґрунт на дослідній ділянці характеризується дуже низьким вмістом N, K, P та має легкоглинистий механічний тип. Експозиція відносно сонця, періодичність додаткового зволоження, температурний режим були однаковими для всіх кущів у період з квітня 2024р. по травень 2025р. Кількість посаджених кущів – по 5 у кожні з умов.

Через один рік візуальне спостереження за кущами чорної смородини показало, що наземна частина кущів чорної смородини краще розвивається при

посадці у ями з компостом (рис.4а), ніж при посадці у простий необроблений ґрунт (рис.4б). Добре укорінення кущів у ямах з компостом через один рік призводить до появи 8 нових гілок-відростків на поверхні, що на 50% більше ніж у кущів, посаджених у непідготовлений ґрунт. Висота наземної частини кущів, посаджених у ями з компостом в середньому на 3-5 см менша, ніж у кущів посаджених у непідготовлений ґрунт (рис.4а, 4б). Проте така не значна різниця може бути, втому числі, за рахунок пріоритетного розвитку кущем однієї головної гілки, що може свідчити про не повноцінне укорінення. Також на 30 – 40% відрізняється площа листової пластинки – у кущів, посаджених в ями з компостом вона більша (рис.4в).

Завдяки мікрокомпостуванню, тобто протіканню процесу перетворення органічної речовини у невеликих об'ємах, вдається запобігти локальному перегріву кореневої системи на пізніх стадіях дозрівання компосту при висадці кущів через 1 рік після закладання компосту. Під час дослідів спостерігалось 100% укорінення кущів, які висаджувались у ями з компостом, через 1 рік так само 100% кущів мають зелену наземну частину. При висадці кущів у не підготовлений ґрунт через 1 рік тільки 60% кущів мають зелену наземну частину.

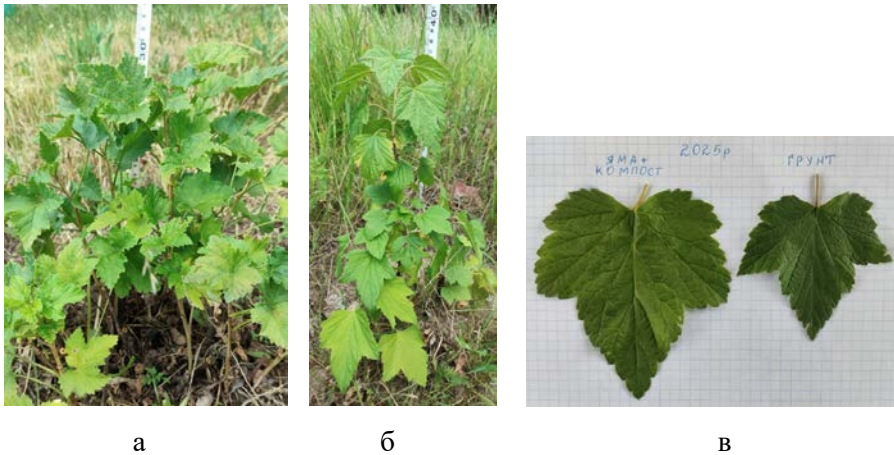


Рис. 4. Візуальна оцінка стану кущів смородини в залежності від умов висадки через 1 рік
а – висаджені у яму з компостом; б – висаджені у непідготовлений ґрунт;
в – різниця у площі листів

Висновки і рекомендації: Результати дослідження показали доцільність проведення компостування органічних відходів, в тому числі свіжих зелених та харчових, у невеликих ямах з подальшим безтрансферним використанням утвореного компосту для висадки ягідних кущів, зокрема чорної смородини. Процес мікрокомпостування у ямах протікає повільніше, ніж у традиційних купах, проте отриманий у підсумку через 1 рік компост є дозрілим та має рН на рівні 7,2. Також було доведено можливість компостування органічних відходів без додавання гною, який є традиційним компонентом компосту.

Поширення технології мікрокомпостування, в тому числі в умовах відсутності такої складової компосту, як гній та без додаткового зволоження, є перспективним для індивідуальних домогосподарств, особливо на деокуповних територіях при відновленні традиційного присадибного сільського господарства.

Простота здійснення мікрокомпостування у ямах також дозволяє уникнути небезпечного та шкідливого процесу спалювання невеликої кількості садових відходів в індивідуальних домогосподарствах, коли закладання компостної купи видається не раціональним та безперспективним з-за малої кількості органічних відходів.

Мікрокомпостування з подальшим безтрансферним використанням компосту на місці утворення у ямах також може бути реалізовано в умовах урбанізованих території для опалого листя та подальшої висадки багаторічних трав'янистих рослин або декоративних кущів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Тихомирова Т. С., Шестопапов О. В., Разно М. Р., Кочетов М. С. Дослідження впливу складу компосту на його здатність покращувати якість ґрунтів. *Аграрні інновації*. 2024. №25. С.72-78.
2. Mengistu, T., Gebrekidan, H., Kibret, K. *et al.* Comparative effectiveness of different composting methods on the stabilization, maturation and sanitization of municipal organic solid wastes and dried faecal sludge mixtures. *Environmental System Research*. 2018. №5. P.1–8. URL: <https://doi.org/10.1186/s40068-017-0079-4>
3. Margaritis M., Dimos V., Malamis D., Loizidou M. An experimental investigation of the composting process in an innovative home composting System: The influence of additives. *Cleaner Materials*. 2023. Vol.8. P.1–8. URL: <https://doi.org/10.1016/j.clema.2023.100185>.
4. Корбут М.Б., Давидова І.В. Популяризація процесу компостування органічних відходів у побутових умовах. *Екологічні науки*. 2021. №1(34). С. 210 – 214.
5. Скляр О. Г., Курукін В. С. Аналіз технологій прискореного компостування гною (посліду). 2021. Електронний ресурс. Код доступу: www.tsatu.edu.ua/tstt/wp-content/uploads/sites/6/skljar2021_2.pdf
6. Пасенко А.В., Солошич І.О., Дігтяр С.В., Івасенко Ю.Д. Інноваційний напрямок комплексного використання відходів дріжджового виробництва та біопрепарату «Радород» в процесі компостування листяного опаду. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. Т.27(2). С 54–60.
7. Воробець М.М., Сема О.В., Сачко А.В. Стандартизація, сертифікація, метрологія та управління якістю : методичні рекомендації до лабораторних робіт. Чернівці, 2021. 32 с.
8. Пінковський Г.В., Машенко Ю.В. Вплив елементів живлення на родючість ґрунту та продуктивність соняшнику в Правобережному Степу України. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2019. Вип.107. С. 145–150.

УДК 598.2: 591.5 (477.64)

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.144.45>

ОСОБЛИВОСТІ МОНІТОРИНГУ ОРНІТОФАУНИ У ГНІЗДОВИЙ ПЕРІОД В МЕЖАХ ДІЮЧОЇ ДНІСТРОВСЬКОЇ ВЕС В ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОМУ ПРИЧОРНОМОР'І

Яненко В.С. – аспірант кафедри загальної екології, радіобіології
та безпеки життєдіяльності,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
orcid.org/0000-0003-1190-725X

Клепко А.В. – д.б.н.,
старший науковий співробітник, завідувач кафедри загальної екології,
радіобіології та безпеки життєдіяльності,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
orcid.org/0000-0002-7061-453X

У статті описано особливості моніторингу орнітофауни в межах діючої вітроелектростанції (ВЕС) в зоні Північно-Західного Причорномор'я, акцентуючи увагу на Дністровській ВЕС у гніздовий період. Дослідження 2024 року проведені згідно з рекомендаціями NatureScot (методика 2016 року) та включали 72 години щорічних спостережень на пунктах моніторингу. Основними об'єктами обліку були великі птахи та ті, що літають у потенційно небезпечному для турбін висотному діапазоні (40–200 м), а також охоронювані види. Дрібні горобцеподібні види та деякі другорядні до основного аналізу не включалися. Дослідження охоплювали населені пункти: Удобне, Козацьке, Старокозаче, Красна Коса, Веселе, Семенівка, Сухолужжя та Молога, а також Дністровський лиман. Зафіксовано щонайменше 53 види птахів загальною чисельністю 3849 особин. На пунктах спостережень більшість польотів (76,75%) були транзитними, переважно у північно-східному напрямку, і здійснювалися на низьких висотах (0–10 м – понад 70%), що мінімізує ризик зіткнень з лопатями ВЕУ. Лише дві особини Грака (*Corvus frugilegus*) були зафіксовані на висоті близько 60 метрів, але їх політ проходив віддалено від ВЕУ. Червонокнижні види, такі як Пелікан рожевий (*Pelecanus onocrotalus*), Канюк степовий (*Buteo rufinus*) та інші, спостерігалися переважно на безпечних висотах, далеко від ВЕС або в акваторії чи прибережній зоні Дністровського лиману. Фактів загибелі птахів від зіткнень з вітроагрегатами не встановлено, що також підтверджено вибічковими опитуваннями фермерів, яких зустрічали на агроценозах. Дослідження підкреслюють важливість Дністровського лиману для збереження біорізноманіття, а також виявили, що територія з вітроенергетична установка (ВЕУ) не приваблива для гніздування навколоводних птахів. Порівняльний аналіз з попередніми дослідженнями в Одеській області показав схожі тенденції у розподілі орнітокомплексів за висотами та напрямками перельотів.

Ключові слова: орнітофауна, видовий склад, чисельність популяції, вітроелектростанції, моніторинг, агроценози, Північно-Західне Причорномор'я, антропогенний вплив.

Yanenko V.S., Klepko A.V. Peculiarities of birds monitoring during the nesting period within the operational Dniester wind in the North-Western Black Sea region

This article describes the peculiarities of bird monitoring within the operational wind power plant (WPP) in the North-Western Black Sea region, focusing on the Dniester WPP during the nesting season. The 2024 survey, conducted following NatureScot guidelines (2016 methodology), included 72 hours of annual observations at the observation sites. The main targets were large birds and those flying in the potentially dangerous altitude range for turbines (40–200 m), as well as protected species. Small sparrow-like species and some minor species were not included in the main analysis. The surveys covered the following settlements: Udobne, Kozatske, Starokozache, Krasna Kosa, Vesele, Semenivka, Sukholuzhzhzhyia and Moloda, as well as the Dniester Estuary. At least 53 bird species were recorded, totalling 3,849 individuals. At the observation points, most flights (76,75%) were transit flights, mainly in the north-east direction, and were carried out at low altitudes (0–10 m – over 70%), which minimises the risk of collisions with wind turbine blades. Only two individuals of Rook (*Corvus frugilegus*) were

recorded at an altitude of around 60 metres, but their flight was away from the WTGs. Red Data Book species such as Great white pelican (*Pelecanus onocrotalus*), Long-legged buzzard (*Buteo rufinus*) and others were observed mainly at safe heights, far from the wind farms or in the water or coastal zone of the Dniester Estuary. No bird fatalities were recorded as a result of collisions with wind turbines, which was also confirmed by sample surveys of farmers carrying out fieldwork. The study underlines the importance of the Dniester Estuary for biodiversity conservation and also found that areas with wind turbines are not attractive for nesting wading birds. Comparative analysis with previous studies in Odesa region showed similar trends in the distribution of bird communities by height above ground level and flight directions.

Key words: avifauna, species composition, population size, wind farms, monitoring, agrocenosis, North-Western Black Sea region, anthropogenic impact.

Постановка проблеми. Будівництво вітроелектростанцій (ВЕС) є важливим елементом розвитку відновлюваної енергетики, що сприяє зменшенню залежності від традиційних джерел енергії та зниженню викидів парникових газів. Однак, цей процес має свій екологічний вплив, зокрема, на орнітофауну біотопів, де розміщуються вітроенергетична установка (ВЕУ) або, навіть екосистем, якщо говорити про будівництво сотень ВЕУ.

Північно-Західне Причорномор'я з його специфічними кліматичними умовами та роллю міграційного коридору для багатьох видів птахів є особливо вразливим до таких змін. ВЕС, як нові антропогенні об'єкти в агроценозах та лісосуках, можуть спричиняти:

- пряму смертність птахів від зіткнень з лопатями турбін;
- втрату та фрагментацію середовищ існування внаслідок будівництва інфраструктури ВЕС (доріг, підстанцій);
- порушення міграційних маршрутів та використання птахами традиційних місць годівлі та відпочинку;
- зміни у поведінці птахів, що проявляються у їхньому уникненні територій з ВЕУ;
- зміни чисельності та структури популяцій чутливих видів.

Усе це вимагає детального дослідження та оцінки, особливо з огляду на зростаючі темпи будівництва ВЕС в Україні. Актуальним постає питання розробки ефективних методів моніторингу орнітофауни для прогнозування та мінімізації негативного впливу інфраструктурних об'єктів на біорізноманіття регіону, підтримуючи при цьому баланс між розвитком енергетики та охороною природи.

Постає питання: як звести до мінімуму негативний вплив таких інфраструктурних об'єктів на орнітофауну регіону, зберігаючи при цьому баланс між розвитком енергетики та охороною біорізноманіття?

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У статті [1] обговорюються значні прогалини у проведенні орнітологічних досліджень для ВЕС в Україні. Автори наголошують на ігноруванні міжнародних вимог щодо всесезонних досліджень та відсутності затвердженої методики. Вони критикують низьку якість та формальність більшості досліджень, відсутність обліку нічних та кормових переміщень птахів, а також нехтування статусом природоохоронних територій. Стаття пропонує ухвалення «Керівництва шотландської природної спадщини» як основи для орнітологічних обстежень, встановлення 20-кілометрового сухопутного коридору вздовж узбережжя без будівництва ВЕС та впровадження компенсаційних заходів для діючих об'єктів. Забігаючи наперед, зазначу, що у власній статті враховані вказані недоліки, а моніторинг проводиться за рекомендаціями Шотландського фонду природної спадщини (нині «NatureScot»), що є загальноприйнятою практикою в ЄС.

Додатково акцентує увагу на специфічних групах птахів, таких як гагари, лебеді, качки, мартини та крячки, як потенційно вразливих до впливу ВЕС, що потребує посиленої уваги при плануванні та експлуатації вітроенергетичних об'єктів [2].

Підкреслюється критична необхідність постійного орнітологічного моніторингу на всіх етапах життєвого циклу ВЕС. Автор наголошує на важливості вивчення водно-болотних угідь (ВБУ), які є домінуючими для орнітофауни регіону [5]. Рекомендовано використовувати результати ранжування ВБУ Півдня України, розроблені Азово-Чорноморською орнітологічною станцією, а також вивчати ретроспективні матеріали та бази даних орнітологів. Під час проєктування ВЕС необхідно проводити орнітологічні спостереження не менше одного календарного року, звертаючи особливу увагу на локальні переміщення птахів на малих висотах (пошук корму, водопої, місця відпочинку). Зважаючи на динамічний характер орнітологічної компоненти, автор рекомендує здійснювати періодичний моніторинг (1 раз на 3 роки) для корекції функціонування ВЕС [5].

Моніторинг орнітофауни під час гніздування в межах проєктованої Дністровської ВЕС, базований на аналізі ретроспективних досліджень 2017-2018 років [3], свідчить про низьку чисельність і обмежене видове різноманіття гніздових птахів у сільськогосподарських біотопах, лісосмугах та урболандшафтах. У період гніздування домінують види, гніздові та кормові ділянки яких або збігаються, або знаходяться у безпосередній близькості. Види з віддаленими кормовими територіями трапляються рідко, їхні перельоти є поодинокими й відбуваються переважно на висотах до 15 м, що мінімізує ризик взаємодії з турбінами. Щільність гніздування в межах ВЕС і буферних зон залишається низькою, а переважна більшість облікованих видів є звичайними для регіону та не становлять значущої частки відносно європейських популяцій (менше 0,01%). Очікуваний вплив ВЕС на гніздову орнітофауну визначено як дуже низький, із прогнозованим мозаїчним характером змін у структурі біотопів, що дозволяє птахам зберігати можливість гніздування в зоні впливу після введення об'єкта в експлуатацію.

У висновках [4], за результатами досліджень у 2010-2016 роках щодо сезонних міграцій птахів у Приазов'ї, підтверджено, що більшість мігруючих птахів використовує висотні інтервали до 50 м, а потенційно небезпечні для ВЕУ висоти (44-156 м) задіяні менш ніж 12% облікованих птахів. Це дозволило авторам розрахувати вкрай низький коефіцієнт ризику для мігрантів (менше 1%). Цей комплексний підхід забезпечує більш повне та достовірне розуміння орнітологічної ситуації на території діючих та проєктованих ВЕС, дозволяючи точніше оцінювати ризики та розробляти ефективні заходи з мінімізації впливу на птахів, особливо з урахуванням екологічних проблем у буферних зонах, які можуть призвести до збільшення інтенсивності перельотів птахів через райони розміщення ВЕС.

Представлений аналіз існуючих досліджень підкреслює складність та багатоаспектність оцінки впливу ВЕУ на орнітофауну. Критичні зауваження щодо якості попередніх орнітологічних обстежень, сформульовані [1], а також рекомендації [5], щодо безперервного моніторингу та врахування специфіки локальних переміщень птахів, були враховані та інтегровані в методичну основу даної роботи. На відміну від попередніх досліджень, що могли мати обмеження у часі (кількість годин досліджень не нормувалась), поточний моніторинг здійснювався відповідно до сучасних міжнародних стандартів, зокрема рекомендацій Шотландського фонду природної спадщини (нині «NatureScot»). Цей підхід забезпечує більш повне та достовірне розуміння орнітологічної ситуації на території діючих

та проєктованих ВЕС, дозволяючи точніше оцінювати ризики та розробляти ефективні заходи з мінімізації впливу на птахів, особливо з урахуванням екологічних проблем у буферних зонах, які можуть призвести до збільшення інтенсивності перельотів птахів через райони розміщення ВЕС.

Постановка завдання. Метою даного дослідження є проведення комплексного моніторингу орнітофауни на території розміщення Дністровської ВЕС та в буферних зонах з використанням сучасних методик, визнаних у ЄС, з подальшим аналізом ризиків для птахів та формуванням природоохоронних рекомендацій для збереження птахів у контексті розвитку вітроенергетики.

Завданням дослідження є вивчення просторового та сезонного розподілу птахів поблизу ВЕС для виявлення потенційно вразливих видів та надання рекомендацій для мінімізації впливів на орнітофауну при проєктуванні та експлуатації ВЕУ.

Матеріали і методи досліджень. Методичні засади дослідження орнітологічної ситуації в межах ВЕС базувалися на рекомендаціях Шотландського фонду природної спадщини (Scottish Natural Heritage, нині – NatureScot). Особливу увагу було приділено інструкції «Рекомендовані методи спостереження за птахами для оцінки впливу наземних ВЕС» (2016), яка наразі є загальноприйнятою методикою в країнах ЄС. Зазначимо, що попередні дослідження [3] на проєктованій Дністровській ВЕС вже враховували її положення.

Власні польові дослідження виконувались у межах експедицій 2024 року.

Основні етапи обліку на пунктах спостереження (ПС):

1. Вибір стаціонарних ПС. Точки спостереження обиралися з урахуванням оптимальної оглядовості. Розміщення здійснювалося таким чином, щоб забезпечити максимально повний візуальний контроль над територією.

2. Тривалість спостережень. Мінімальний обсяг становив 72 години на рік, з яких по 36 годин – у гніздовий та негніздовий періоди. Для кожного ПС забезпечувалося щонайменше 36 годин обліку на сезон.

3. Облік орнітофауни. Враховували виключно види цільової групи – переважно крупні птахи або ті, що трапляються в межах потенційно небезпечного висотного діапазону роботи ВЕУ, а також види, занесені до охоронних списків. Дрібні горобцеподібні види (зокрема *Corvus frugilegus*, *Corvus corax*, *Sturnus vulgaris*, ряд *Piciformes*, тощо) не включалися до основного аналізу, а їх інколи вводили, як другорядні види.

4. Просторове покриття. Мережа ПС охоплювала всю досліджувану територію льотної активності птахів. Відстань між пунктами спостереження не має перевищувати 2 км. Однак під час досліджень на великих ВЕС не вдається задовільнити дану вимогу методики, тому щільність ПС є меншою. В таких «пропущених» місцях обов'язково варто проводити дослідження методом маршрутного обліку (МО).

5. Умови проведення обліків. Спостереження здійснювалися за сприятливих погодних умов – за гарної видимості (>2 км) та за відсутності або мінімальної інтенсивності опадів.

6. Часові рамки. Обліки проводилися у гніздовий період в ранкові, денні та вечірні години. Часто застосовувався режим обліку по 3 години вранці (наприклад, 08:30-11:30) та 3 години ввечері (14:00-17:00), із перервою не менше 30 хвилин після кожних 3 годин спостережень. В окремих випадках здійснювали облік протягом 8–9 годин на добу (06:30-09:30, 11:00-14:00, 16:00-19:00).

Методика фіксації даних. Усі спостереження фіксувалися в блокнотах або онлайн-таблицях (формат Excel) із зазначенням наступних параметрів: дата, ПІБ спостерігача, номер ПС, вид птаха, кількість особин, напрямок і тип польоту

(кормовий, транзитний або демонстраційний), орієнтовна довжина та тривалість польоту (у секундах). Схема переміщення птахів наносилася на карту (паперову або електронну) із використанням стрілок.

Обладнання та транспортні засоби:

- 1) біноклі Bresser National Geographic 10x42 WP;
- 2) підзорна труба Levenhuk Blaze BASE 70;
- 3) лазерний далекомір SNDWAY SW-1000A;
- 4) портативна метеостанція PCE-FWS-20;
- 5) смартфони (для вимірювання тривалості польотів та інших цілей);
- 6) складні крісла для зручності спостережень;
- 7) камуфльований одяг (за винятком періоду воєнного стану, коли його використання було обмежене з міркувань безпеки);

8) транспортні засоби Renault Sandero Stepway та Renault Duster (мінімум один автомобіль на БЕС із 15 або менше БЕУ, якщо вони розміщені групою; за більшої кількості – відповідно більше техніки, фахівців та годин спостережень).

Кадрове забезпечення. До проведення досліджень залучалося щонайменше три спеціалісти, залежно від площі БЕС та відповідно кількості проєктованих чи існуючих БЕУ. Обов'язковою умовою була наявність у персоналу навичок ідентифікації видів птахів, а також знань про їхню екологію та поведінку. Дослідження виконувалися на базі ТОВ «НВП «Екозахист», із залученням підготовлених екологів, які пройшли навчання та опрацювали спеціалізовану літературу і визначники орнітофауни та мали практичні напрацювання.

Виклад основного матеріалу. Основна частина досліджень у 2024 році здійснювалась поблизу діючих БЕУ на стаціонарних пунктах спостережень, а також маршрутними обліками охоплено буферні зони БЕС (до 10 км). Дослідження проводили навколо населених пунктів Удобне, Козацьке, Старокозаче, Красна Коса, Веселе та Семенівка. Під час експедиційних виїздів регулярно відвідували узбережжя Дністровського лиману – одну з найбільших водойм поблизу БЕС, а також низку інших біотопів як у межах самих БЕС, так і в їх околицях. Додатково було проведено маршрутні обліки поблизу сіл Сухолужжя та Молога. Територія проведення досліджень наведена на рис. 1.

На прикладі гніздового періоду на діючій Дністровській БЕС нижче наводимо форму заповнення форми та результатів на ПС. Також відмітимо, що у квітні ще зустрічали птахів, які мігрували здебільшого на північ, північний схід та схід (табл. 1, 2).

Таблиця 1

Кількість годин спостережень на пунктах спостережень у відповідності до п. 3.8.6 Шотландської методики

№ ПС	Кількість годин спостережень на пунктах спостережень.			
	Період гніздування, год			
	Квітень 2024	Травень 2024	Червень 2024	Всього
ПС-1	12	12	12	36
ПС-2	12	12	12	36
Сумарно	24	24	24	72

Аналізуючи таблицю 3 та 4, рисунок 2, констатуємо, що загальна картина переміщень є типовою для періоду весняної міграції та гніздування, оскільки залишається тенденція транзитних переміщень в північно-східному напрямку для видів, які мігрують в даний період (обліковано не тільки гніздових птахів).

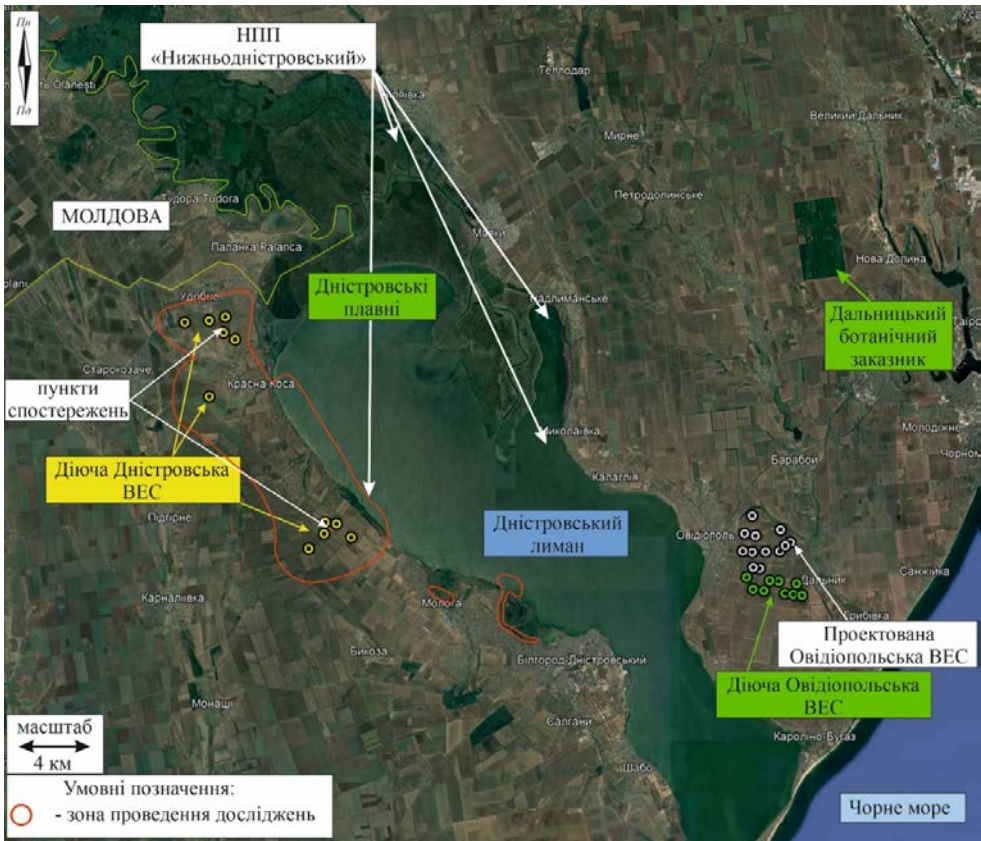


Рис. 1. Зона проведення досліджень, діючі та проєктовані ВЕС

Дослідження птахів на ПС-1, дата – 23 квітня 2024 року
(частина отриманих даних)

Таблиця 2

№	Наукова назва	Дата, час	N, особин	Напрямок польоту	Тип польоту	H (висота)	L (відстань польоту)	Загальний час польоту на висоті ризику, кількість особин*сек
1	<i>Falco tinnunculus</i>	23.04.2024 08:00-11:00	1	С	транзитний	10	500	0
2	<i>Corvus frugilegus</i>	08:00-11:00	2	С	транзитний	20	800	0
3	<i>Circus aeruginosus</i>	08:00-11:00	1	ПнС	транзитний	5	850	0
4	<i>Vanellus vanellus</i>	08:00-11:00	2	Пн	транзитний	15	700	0
5	<i>Larus cachinnans</i>	08:00-11:00	2	ПдС	транзитний	35	1100	0
6	<i>Falco tinnunculus</i>	08:00-11:00	1	ПдС	кормовий	10	400	0
1	<i>Columba palumbus</i>	13:00-16:00	2	ПнС	транзитний	5	750	0
2	<i>Upupa epops</i>	13:00-16:00	2	ПдС	транзитний	10	200	0
3	<i>Upupa epops</i>	13:00-16:00	2	Пд	кормовий	5	150	0
4	<i>Columba palumbus</i>	13:00-16:00	2	С	транзитний	5	1000	0

Таблиця 3

Результати досліджень на двох пунктах спостережень в гніздовий період

Показник		Всього			
		ПС-1	ПС-2	Разом	%
Кількість	Видів	10	12	14	100
	Птахів	180	91	271	100
Тип польоту	Кормових	41	11	52	19,19
	Транзитних	135	73	208	76,75
	Демонстрац.	4	7	11	4,06
Напрям	Пн	1	6	7	2,58
	ПнС	60	26	86	31,73
	С	41	14	55	20,3
	ПдС	24	14	38	14,02
	Пд	8	11	19	7,01
	ПдЗ	34	7	41	15,13
	З	10	8	18	6,64
	ПнЗ	2	5	7	2,58
Висоти	0-10	139	55	194	71,59
	11-25	24	24	48	17,71
	26-39	15	12	27	9,96
	40-100	2	-	2	0,74
	101-500	-	-	-	-

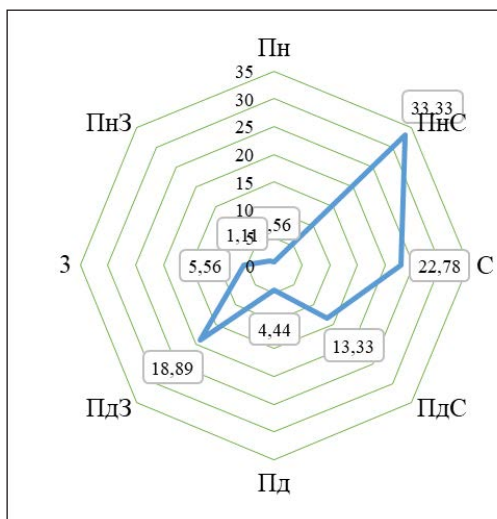


Рис. 2. Зведений графік переміщень птахів на двох ПС в період гніздування 2024 року

Порівняльний аналіз двох ПС показав відмінності в чисельності та видовому складі. На ПС-1 зафіксовано 180 особин 10 видів, тоді як на ПС-2 — 91 особину 12 видів. Найбільш масовими були транзитні польоти (76,75%), що переважно здійснювались у північно-східному напрямку (особливо ПнС та С), із домінуванням низьких висот переміщень (0–10 м – понад 70% обліків). Це вказує на те, що значна частина переміщень відбувається на висотному діапазоні, де відсутній

ризик зіткнення з лопатями БЕУ, проте було обліковано 2 особини Граків *Corvus frugilegus*, які мігрували на висоті близько 60 метрів, що входить в зону ризику зіткнення. Даний політ проходив віддалено від БЕУ.

Таблиця 4

**Характеристика результатів досліджень на двох пунктах спостережень
у гніздовий період 2024 року**

№	Українська назва	Наукова назва	ПС-1	ПС-2	Всього
1	Бджолоїдка звичайна	<i>Merops apiaster</i>	48	16	64
2	Боривітер звичайний	<i>Falco tinnunculus</i>	15	15	30
3	Голуб сизий	<i>Columba livia</i>	60	2	62
4	Грак	<i>Corvus frugilegus</i>	4	5	9
5	Лунь очеретяний	<i>Circus aeruginosus</i>	1	-	1
6	Мартин жовтоногий	<i>Larus cachinnans</i>	11	11	22
7	Мартин звичайний	<i>Lams ridibundus</i>	15	23	38
8	Одуд	<i>Upura crops</i>	6	3	9
9	Припутень	<i>Columba palumbus</i>	18	9	27
10	Чайка	<i>Vanellus vanellus</i>	2	-	2
11	Кібчик	<i>Falco vespertinus</i>	-	1	1
12	Лелека білий	<i>Ciconia ciconia</i>	-	3	3
13	Пелікан рожевий	<i>Pelecanus onocrotalus</i>	-	2	2
Загально		Видів	10	12	14
		Особин	180	91	271

Впродовж квітня-червня 2024 року на досліджуваній території під час маршрутних обліків та спостережень на пунктах спостережень було обліковано щонайменше 53 види авіфауни (не враховуючи велику кількість горобцеподібних видів та другорядних птахів, оскільки методика цього не вимагає) (табл. 5). З них до Червоної книги України відносяться наступні: Канюк степовий *Buteo rufinus*, Коровайка *Plegadis falcinellus*, Кулик-довгоніг *Himantopus himantopus*, Огар *Tadorna ferruginea*, Пелікан рожевий *Pelecanus onocrotalus*, Сиворакша *Coracias garrulus* та Чоботар *Rccurvirostra avosetta*. Зустрічались червонокнижні види осторонь від ВЕС, найчастіше в акваторії Дністровського лиману чи на мілководді обабіч с. Молога або Сухолужжя, чи в межах ВЕС на безпечних висотах. Наявність цих видів поблизу лиману вказує на високий природоохоронний статус досліджуваних територій. Водночас, згідно з спостереженнями, жоден з цих видів не здійснював польотів на потенційно-небезпечних висотах у безпосередній близькості до БЕУ, що свідчить про загалом помірний рівень екологічного ризику в межах ВЕС. Однак ці дані не виключають необхідності подальших багаторічних спостережень, особливо під час міграцій.

Таблиця 5

**Зведена характеристика орнітокомплексів в межах Дністровської ВЕС
та прилеглих територій у гніздовий період 2024 року**

№	Українська назва	Наукова назва	Цільовий	МО	ПС	Всього
1	Баклан великий	<i>Phalacrocorax carbo</i>	+	304	-	304
2	Баранець великий	<i>Gallinago media</i>	+	12	-	12

Продовження таблиці 5

№	Українська назва	Наукова назва	Цільовий	МО	ПС	Всього
3	Бджолоїдка звичайна	<i>Merops apiaster</i>	-	160*	64	224
4	Боривітер звичайний	<i>Falco tinnunculus</i>	+	57	30	87
5	Брижач	<i>Philomachus pugnax</i>	+	55	-	55
6	Бугайчик звичайний	<i>Ixobrychus minutus</i>	+	2	-	2
7	Вивільга	<i>Oriolus oriolus</i>	-	2*	-	2
8	Ворона сіра	<i>Corvus cornix</i>	-	31*	-	31
9	Галагаз	<i>Tadorna tadorna</i>	+	35	-	35
10	Галка	<i>Corvus monedula</i>	-	74*	-	74
11	Голуб сизий	<i>Columba livia</i>	-	*	62	62
12	Горлиця звичайна	<i>Streptopelia turtur</i>	+	10	-	10
13	Горлиця садова	<i>Streptopelia decaocto</i>	-	61*	-	61
14	Грак	<i>Corvus frugilegus</i>	-	131*	9	140
15	Гуска сіра	<i>Anser anser</i>	+	20	-	20
16	Зозуля	<i>Cuculus canorus</i>	+	4	-	4
17	Канюк звичайний	<i>Buteo buteo</i>	+	11	2	13
18	Канюк степовий	<i>Buteo rufinus</i>	+	2	-	2
19	Кібчик	<i>Falco vespertinus</i>	+	10	1	11
20	Коловодник звичайний	<i>Tringa totanus</i>	+	40	-	40
21	Коровайка	<i>Plegadis Falcinellus</i>	+	22	-	22
22	Крижень	<i>Anas platyrhynchos</i>	+	405	-	405
23	Крук	<i>Corvus corax</i>	-	2*	-	2
24	Крячок каспійський	<i>Hydroprogne caspia</i>	+	2	-	2
25	Крячок малий	<i>Sterna albifrons</i>	+	8	-	8
26	Кулик-довгоніг	<i>Himantopus himantopus</i>	+	6	-	6
27	Куріпка сіра	<i>Perdix perdix</i>	-	12*	-	12
28	Курочка водяна	<i>Gallinula chloropus</i>	+	10	-	10
29	Лебідь-шипун	<i>Cygnus olor</i>	+	102	-	102
30	Лелека білий	<i>Ciconia ciconia</i>	+	46	3	49
31	Лиска звичайна	<i>Fulica atra</i>	+	81	-	81
32	Лунь очеретяний	<i>Circus aeruginosus</i>	+	8	1	9
33	Мартин жовтоногий	<i>Larus cachinnans</i>	+	284	22	306
34	Мартин звичайний	<i>Lams ridibundus</i>	+	520	38	558
35	Огар	<i>Tadorna ferruginea</i>	+	15	-	15
36	Одуд	<i>Upupa epops</i>	+	33	9	42
37	Пелікан рожевий	<i>Pelecanus onocrotalus</i>	+	237	2	239
38	Підсоколик великий	<i>Falco subbuteo</i>	+	6	-	6
39	Пірникоза велика	<i>Podiceps cristatus</i>	+	36	-	36
40	Припутень	<i>Columba palumbus</i>	+	74	25	99
41	Рибалочка блакитний	<i>Alcedo atthis</i>	-	1*	-	1
42	Сиворакша	<i>Coracias garrulus</i>	+	11	1	12
43	Сич хатній	<i>Athene noctua</i>	+	6	-	6
44	Сойка	<i>Garrulus glandarius</i>	-	2*	-	2
45	Сорока	<i>Pica pica</i>	-	23*	-	23
46	Чайка чубата	<i>Vanellus vanellus</i>	+	40	2	42
47	Чапля руда	<i>Ardea purpurea</i>	+	8	-	8

Закінчення таблиці 5

№	Українська назва	Наукова назва	Цільовий	МО	ПС	Всього
48	Чапля сіра	<i>Ardea cinerea</i>	+	19	-	19
49	Чепура велика	<i>Egretta alba</i>	+	38	-	38
50	Чернь чубата	<i>Aythya fuligula</i>	+	6	-	6
51	Чоботар	<i>Rccurvirostra avosetta</i>	+	12	-	12
52	Шпак	<i>Sturnus vulgaris</i>	-	480*	-	480
53	Яструб малий	<i>Accipiter nisus</i>	+	2	-	2
Всього			Особин	3578	271	3849
			Видів	52	15	53

Примітка: червоним кольором виділено птахів Червоної книги України; «-» – цільовий вид, який не виявлено під час досліджень; * другорядний вид, кількість може значно відрізнятись, оскільки пріоритет був на визначення цільових видів; наявна похибка, оскільки зграї горобцеподібних та інших зграйних птахів неможливо визначити достовірно.

Результати свідчать про значну екологічну цінність прилеглих територій для охоронюваних видів, що має враховуватись під час майбутнього планування розвитку ВЕС не тільки в межах Білгород-Дністровського району, а і взагалі на вітропарках в межах держави.

Серед іншого акцентуємо увагу на перепочинку Пелікана рожевого *Pelecanus onocrotalus* обабіч ВЕС (рис. 3). Птах облікований у квітні, координати зустрічі: 46°14'21.5"N 30°11'24.9"E, відстань до найближчої ВЕС становила 2,3 км.



Рис. 2. Пелікан рожевий (*Pelecanus onocrotalus*) обабіч ВЕС на агроценозі та мігруюча зграя над Дністровським лиманом

Серед поширених видів птахів заслуговує увагу висока чисельність деяких водно-болотних видів птахів, зокрема Крижня (*Anas platyrhynchos*) – 405 особин, та Мартинів: жовтоногого (*Larus cachinnans*) – 306 особин і звичайного (*Larus ridibundus*) – 558 особин. Їх концентрація спостерігалась тимчасово під час перепочинку (і подальшої весняної міграції) переважно в прибережних зонах лиману, що підтверджує важливість охорони екосистеми Дністровського лиману для підтримки біорізноманіття. При цьому на ПС виявлено вкрай обмежену кількість водоплавних видів, що свідчить про незначну привабливість територій з турбінами для гніздування чи тривалого перебування таких птахів.

До таблиць не занесли декілька тисяч Бакланів великих (*Phalacrocorax carbo*), яких бачили на початку травня, вони мігрували над Дністровським лиманом (висота перельоту до 15 метрів), рухались до дельти Дністра, де у них знаходяться місця гніздування (орієнтовні координати колонії: 46°21'07.3"N 30°17'20.0"E).

Ще одним цікавим спостереженням стала нерівномірність розподілу кормових польотів у межах ПС. Для ПС-1 частка кормових польотів становила понад 22% від усіх зафіксованих (41 з 180), тоді як для ПС-2 – лише близько 12% (11 з 91). Це може бути пов'язано як із різною структурою прилеглих біотопів, так і з локальними харчовими умовами. Варто зазначити, що більшість кормових польотів також відбувалась на висотах до 10 м, що мінімізує ризики зіткнення з лопатями БЕУ.

Порівняння результатів власного аналізу розподілу птахів у гніздовий період із даними попередніх досліджень на території [3] дозволяє виявити кілька відмінностей. По-перше, маршрутні обліки, проведені у 2018 році, мали епізодичний характер і охоплювали лише квітень та травень (без червня). По-друге, у цей період 2018 року серед видів, занесених до Червоної книги України, було зафіксовано лише три: одну особину кулика-сороки (*Haematopus ostralegus*) у квітні, а також дві совки (*Otus scops*) та 11 особин сиворакші (*Coracias garrulus*) у травні. Натомість результати моніторингу 2024 року свідчать про присутність щонайменше семи червонокнижних видів.

Власне дослідження є дотичне з аналізом Горлов П.І. та ін. (2016), який здійснив дослідження на Одещині з 2010 по 2012 рік включно. Спільним було те, що дещо співпали дані розподілу орнітокомплексів по висотних діапазонах та напрям перельотів в межах вітропарку (домінував Північно-східний напрям). Розбіжності були в тому, що власні спостереження тривали з квітня по червень, а у статті автора вказується «весна», тобто ймовірно було захоплено кінець лютого та березень, що могло дати похибку в результатах. Автором оцінено вплив від БЕУ на птахів, як «низький, а фактів загибелі птахів від зіткнення з вітровими агрегатами не виявлено» [7].

Заходи щодо запобігання зіткненням птахів з лопатями БЕУ розглядає низка вчених з інших країн, останні дослідження (2021-2025 років) [8, 9, 10, 12, 17] показують про те, що перспективними є як технологічні, так і поведінкові підходи. Зокрема, запропоновано використовувати візуальні маркери на турбінах, адаптовані до особливостей зору птахів, що дозволяє підвищити їх помітність навіть за складних погодних умов [8]. Дослідження доводять ефективність активного моніторингу з використанням стереокамер і адаптивного керування турбінами на основі польотних характеристик птахів у реальному часі, що дозволяє уникнути зайвих зупинок і водночас зменшити ризик зіткнень [9]. Більшість останніх статей наголошують на необхідності врахування саме локальної видової специфіки, сезонної активності та ретельної оцінки ефективності заходів на основі стандартизованих підходів до моніторингу.

Більш ранні дослідження, що проведені Греції в 2004-2005 та 2008-2009 роках, коли вітроенергетичні установки були менш потужними, а обертання лопатей – швидшим, свідчать про суттєвий ризик для орнітофауни, зокрема у гірських та приморських регіонах. Зіткнення фіксували переважно серед денних хижих птахів, особливо у період міграцій. Частота летальних випадків була пов'язана не лише з кількістю турбін, але й з місцем їх розташування щодо ліній активного польоту [18]. Зазначимо, що конструкції сучасних БЕУ є більшими, що збільшує період обертання лопатей та відповідно часовий інтервал для прольоту між лопатями дещо більший, аніж в старих БЕУ, що ймовірно й стало результатом відсутності мертвих тушок в межах Дністровської ВЕС.

Констатуючи вищезазначене, акцентуємо увагу на обов'язковому моніторингу орнітофауни на проєктованих майданчиках БЕУ (як мінімум 1 рік досліджень, як цього вимагає Шотландська методика) та здійснення аналізу із залученням фахівців

під час будівництва та на етапі експлуатації об'єктів вітроенергетики. У 2024 році, окрім розглянутого у даній статті гніздового періоду здійснено виїзди під час осінньої та весняної міграції і взимку. Забігаючи наперед, мертвих птахів не виявлено, проведено вибіркове опитування фермерів, які також не знаходили решток загинувших птахів.

Висновки. В межах досліджуваної території ВЕС в період гніздування, який у квітні ще триває паралельно з міграцією деяких видів орнітофауни обліковано щонайменше 53 види чисельністю 3849 особин.

Поділ здійснено на птахів, облікованих в межах пунктів спостережень, тобто безпосередньо на майданчику ВЕС (лісосмуги, агроландшафти), та завдяки МО (поля, балки, мілководдя, водойми, населені пункти, захоплюючи ПЗФ та Смарагдову мережу).

Основну увагу приділено дослідженням на ПС та спостереженнями за поведінковими особливостями птахів, а особлива цінна інформація для подальшого аналізу – це транзитні переміщення на висоті ризику (40-200 метрів). До цієї групи увійшло лише 2 особини Грака (*Corvus frugilegus*), що є гніздовим в буферній зоні ВЕС. Даний політ відбувався віддалено від ВЕУ, ймовірно птахи здійснювали переліт до с. Старокозаче або Козацьке.

Більшість птахів (71,6%) фіксовано на висоті до 10 м, що свідчить про переважання польотів у нижньому шарі повітря, характерному для кормової та місцевої активності. Ще 17,7% пересувались на висоті 11–25 м, тоді як на висотах, потенційно небезпечних для взаємодії з лопатями ВЕУ (понад 25 м), зафіксовано лише близько 10% польотів, переважно транзитного типу. Польоти понад 40 м становили менше 1%, а понад 100 м — не реєструвались. Це вказує на низький ризик зіткнень у гніздовий період у межах дослідженої території, оскільки птахи будують гнізда, вигодовують пташенят та поведуть себе дуже обережно в цей період.

В Україні відсутня законодавча база, яку варто було б розробити, стосовно територій, на яких доцільно розглядати проектування та будівництво і експлуатацію ВЕС, та місця де їх розмішувати не варто через ризики, що обумовлюються низкою факторів, основні з них стосовно авіафауни: зіткненнями з лопатями чи спорудами ВЕУ, зіткненням з ЛЕП, турбуванням під час будівництва чи експлуатації, втратою біотопів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Петрович З.О., Редінов К.О. Недоліки орнітологічних досліджень в оцінці впливу на довкілля в Азово-Чорноморському міграційному коридорі. *Сучасні дослідження птахів та їх охорона*. 2019. С.67-71.

2. Клімов О. В., Надточій Г.С., Клімов Д.О., Гайдріх І.М. Вирішення проблеми збереження водно-болотних птахів України. *Проблеми охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки*. 2022. Вип. 44. С.81-109.

3. Солоненко А.М. та ін. Експертний висновок та науковий звіт з оцінки впливу будівництва та експлуатації площадки Дністровської ВЕС на природні комплекси довкілля, рослинність, сезонні орнітологічні комплекси та мігруючих птахів, кажанів за рекомендаціями Шотландського Фонду Природної Спащини (Scottish Natural Heritage) та інших міжнародних документів у межах Білгород-Дністровського району Одеської області. (2018). Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького. С.373. URL: <https://ukrainepowerresources.com/wp-content/uploads/2019/05/DWPP-Final-Avian-Bat-Report-18.06.2018-ukr.pdf>.

4. Горлов П. І. та ін. (2017). Сезонні міграції птахів у межиріччі Домузли і Корсака (Приазовський р-н, Запорізька обл.) у світлі розташованої тут вітрової

станції: нові технології на службі в польовій орнітології. *Бранта: Збірник наукових праць Азово-Чорноморської орнітологічної станції*. 2017. Вип. 20. С. 98-121.

5. Черненко Р.Н. Використання результатів серпневих обліків птахів на Азово-Чорноморському узбережжі України для обґрунтування будівництва ВЕС. *Бранта: Збірник наукових праць Азово-Чорноморської орнітологічної станції*. 2014. Вип. 7. С. 50-64.

6. Дорошенко К. М., Франков С. С., Ковальчук В. С., Ковальчук С. І. Деякі відомості про фіксацію рідкісних видів птахів під час весняної міграції 2019 р. на території Овідіопольського району Одеської області. 2019. *Матеріали наукової конференції професорсько-викладацького складу, наукових працівників і здобувачів наукового ступеня за підсумками науково-дослідної роботи за період 2017–2018 рр.* (16-17 травня 2019 р.) Том 1. С. 45-46.

7. Горлов П. І., Мацюра О.В. Оцінка існуючих загроз вітропарків півдня України для міграційної орнітофауни. *Біологічний вісник МДПУ імені Богдана Хмельницького*. 2016. №6(3). С. 175-186. DOI: 10.15421/201685.

8. Martin G. R., Banks A.N. Marine birds: Vision-based wind turbine collision mitigation. *Global Ecology and Conservation*. 2023. №42. DOI: 10.1016/j.gecco.2023.e02386.

9. Madejski G., Tkaczyk R., Gradolewski D., Dziak D., Kulesza J.W. Risk Assessment of Bird Collisions with a Wind Turbine Based on Flight Parameters. *Elektronika ir elektrotechnika*. 2024. VOL. 30, №4. <https://doi.org/10.5755/j02.eie.38275>. P.4-10.

10. Fluhr J., Duriez O. et.al. Eoldist, a Web Application for Estimating Cautionary Detection Distance of Birds by Automatic Detection Systems to Reduce Collisions With Wind Turbines. *Wind Energy*. 2025. Vol. 28 Issue 2. <https://doi.org/10.1002/we.2971>.

11. Sam Khosravifard, Andrew K. Skidmore et.al. Identifying Birds' Collision Risk with Wind Turbines Using a Multidimensional Utilization Distribution Method. *Wildlife Society Bulletin*. 2020. № 00(0):1-9. DOI: 10.1002/wsb.1056.

12. Paula B. Garcia-Rosa, John Olav G. Tande. Mitigation measures for preventing collision of birds with wind turbines. *Journal of Physics: Conference Series*. 2023. №2626. doi:10.1088/1742-6596/2626/1/012072/.

13. Sydorenko A. I., Gorlov P. I. Assessment of the impact of technogenic monitoring sites on seasonal migration ornithocomplexes. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2022. №1049. doi:10.1088/1755-1315/1049/1/012060.

14. Yermieiev V. Forecasting of the number of bird collisions with turbines in the territory of Pre-Azov region wind park using the route census method. 2021. *E3S Web Conf*. Vol. 280. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202128006010>.

15. Cătălin-Răzvan Stanciu, Răzvan Zaharia et. al. Aspects Regarding Raptors Migration over the Black Sea. *Travaux du Muséum National d'Histoire Naturelle «Grigore Antipa»*. 2017. Vol. 60 (2). DOI: 10.1515/travmu-2017-0007.

16. Клімов О.В., Надточій Г.С., Клімов Д.О., Гайдріх І.М. Перспективні території природно-заповідного фонду для збереження місць, важливих для мігруючих птахів України. *Моніторинг та охорона біорізноманіття в Україні : Прикладні аспекти моніторингу та охорони біорізноманіття*. 2020. Вип. 16. Т. 3.

17. Shimada Y. Reducing bird collision risk per megawatt by introducing longer wind turbine blades. 2021. *Ornithological Science*, 20(2):253-261. <https://doi.org/10.2326/osj.20.253>

18. Cárcamo B., Kret E., Zografou C. and Vasilakis D. 2011. Assessing the impact of nine established wind farms on birds of prey in Thrace, Greece. Technical Report. pp. 93. WWF Greece, Athens.

ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК

Аверчев О.В.	3	Лихочвор В.В.	187
Алексєєв О.О.	67	Ловинська В.М.	334
Бердін С.І.	12	Люта І.М.	289
Бикін А.В.	20	Мазурак І.В.	320
Бобров В.С.	88	Майданський А.Г.	120
Бойко Т.О.	299	Макух Я.П.	128
Бунас А.А.	313	Мамчур Т.В.	340
Бурковецький О.О.	260	Манушкіна Т.М.	95
Василишина О.В.	27	Матусяк М.В.	67
Ваховська А.В.	34	Меленті В.О.	175, 201
Венгер О.В.	41	Миколайчук В.Г.	95
Вигера С.М.	49, 82	Михайлюк Д.В.	135
Воропай Ю.В.	59	Міщенко Б.Д.	320
Врадій О.І.	67	Мовчан І.П.	313
Гамула Є.А.	164	Можарівська І.А.	41, 82
Голобородько К.К.	334	Мошківська С.В.	128
Голячук Ю.С.	187	Назаренко М.М.	75, 102
Гомля Л.М.	328	Нестеренко С.А.	142
Григорів Я. Я.	120	Неженцев А.С.	340
Гусак В.В.	229	Нікітенко М.П.	3
Гущін А.Ю.	250	Огілько С.П.	340
Дерев'яно Є.П.	75	Ожіганов К.Д.	150
Дидів А.І.	320	Парубок М.І.	34
Дмитрик П.М.	229	Писаренко В.М.	156
Жукова Л.В.	175, 201	Пліщенко В.О.	243
Заболотний О.І.	306	Приходько В.О.	142
Забродіна І.В.	175, 201	Разанова А.М.	320
Заїка В.К.	229	Разанов С.Ф.	320
Калинка А.К.	270, 279	Разно М.Р.	348
Клепко А.В.	356	Ревка Т.О.	328
Ключевич М.М.	41, 82	Ременюк С.О.	128
Кононенко Л.М.	88	Ременюк Ю.О.	128
Корхова М.М.	95	Різник В.М.	128
Кошеляєва Я.В.	175	Розборська Л.В.	306
Кравченко Н.В.	41	Рулевська Т.Ф.	328
Крилов Д.О.	12	Салямон А.В.	67
Кришин Р.О.	102	Сахошко М.М.	12
Кудря О.Ю.	20	Сидякіна О.В.	164
Кулик Є.І.	237	Ситник С.А.	334
Лакида П.І.	334	Сонько С.П.	340
Левківський І.В.	109	Станкевич С.В.	175, 201
Лесик О.Б.	270	Тирус М.Л.	187
Литвиненко О.І.	3	Тихомирова Т.С.	348

Тіцький В.Б.....	194	Чумбей В.В.	229
Турак О.Ю.....	229	Шакалій С.М.....	237, 243
Урсал В.В.	210	Шевніков М.Я.....	250
Федорчук Н.А.	41	Шеленко Д.І.	229
Хасай Р.Г.....	201	Шендецький О.О.....	243
Ходос Т.А.	210	Шерешило Б.О.....	156
Хоненко Л.Г.....	95	Шерстобоева О.В.	313
Цицюра Я.Г.	216	Яненко В.С.....	356
Чигрин О.В.	59	Яценко Н.В.....	260
Чумак П.Я.	82		

ЗМІСТ

ЗЕМЛЕРОБСТВО, РОСЛИННИЦТВО, ОВОЧІВНИЦТВО ТА БАШТАННИЦТВО	3
<i>Аверчев О.В., Нікітенко М.П., Литвиненко О.І.</i> Адаптивний потенціал гороху зимуючого в контексті біологічних особливостей та технологій вирощування.....	3
<i>Бердін С.І., Сахошко М.М., Крилов Д.О.</i> Вплив біологічних особливостей сортів на стеблоутворення пшениці озимої в умовах Північно-Східного Лісостепу України.....	12
<i>Бикін А.В., Кудря О.Ю.</i> Вплив інтенсивності фертигації на динаміку закладання та формування бульб картоплі столової.....	20
<i>Василишина О.В.</i> Оцінка та моделювання фізичних показників плодів вишні залежно від особливостей сорту.....	27
<i>Ваховська А.В.</i> Оптимізація умов освітлення та вибір субстрату для ефективного вирощування мікрозелені гороху	34
<i>Венгер О.В., Ключевич М.М., Федорчук Н.А., Можарівська І.А., Кравченко Н.В.</i> Експертиза, сертифікація та екоконтроль хмелярства як складова агрономічної освіти	41
<i>Вигера С.М.</i> Інноваційний світогляд розвитку агрономії у трофології, віталогії та вітатерралогії	49
<i>Воропай Ю.В., Чигрин О.В.</i> Вплив екологічно безпечних препаратів на формування продуктивності та посівні якості насіння гірчиці білої.....	59
<i>Врадій О.І., Алексєєв О.О., Матусяк М.В., Саямон А.В.</i> Інтенсивність накопичення важких металів насінням рослин сої в залежності від їх зростання в агроecosистемі на певній відстані від лісу	67
<i>Дерев'янка Є.П., Назаренко М.М.</i> Вплив триазольних ріст-регулюючих сполук на показники онтогенезу пшениці озимої	75
<i>Ключевич М.М., Вигера С.М., Можарівська І.А., Чумак П.Я.</i> Перспективи досліджень рослин і виробництва фіторесурсів згідно новітніх напрямків: плантологія та плантономія	82
<i>Кононенко Л.М., Бобров В.С.</i> Морфометричні показники рослин агроценозу квасолі звичайної в Правобережному Лісостепу України.....	88
<i>Корхова М.М., Миколайчук В.Г., Хоненко Л.Г., Манушкіна Т.М.</i> Сорго: світове виробництво та сортовий потенціал в Україні.....	95
<i>Кришин Р.О., Назаренко М.М.</i> Спадкові зміни за дії азиду натрію у пшениці озимої.....	102
<i>Левківський І.В.</i> Нові методи захисту насінневої картоплі від вірусних хвороб у зоні Полісся України.....	109
<i>Майданський А.Г., Григорів Я. Я.</i> Агробіологічна оцінка ефективності мінерального удобрення ріжжю ярого в умовах західного регіону України	120
<i>Макух Я.П., Ременюк С.О., Різник В.М., Мошківська С.В., Ременюк Ю.О.</i> Урожайність буряків цукрових залежно від інтенсивності гербіцидного захисту..	128
<i>Михайлюк Д.В.</i> Особливості росту і розвитку пшениці озимої залежно від норм висіву насіння та біопрепаратів в умовах Правобережного Лісостепу України.....	135
<i>Нестеренко С.А., Приходько В.О.</i> Агрономія як наука та практика: сучасні підходи.....	142
<i>Ожиганов К.Д.</i> Популяційна мінливість морфо-біологічних та господарсько-цінних ознак пірню проміжного Kernza в умовах Правобережного Лісостепу України.....	150

Писаренко В.М., Шерешило Б.О. Цифрові технології у моніторингу шкідників сільськогосподарських культур: сучасні підходи та ефективність застосування	156
Сидякіна О.В., Гамула Є.А. Сучасний стан, проблеми та перспективи виробництва зерна кукурудзи	164
Станкевич С.В., Забродіна І.В., Жукова Л.В., Меленті В.О., Кошеляєва Я.В. Алгоритми прогнозування і межі передбачуваності масових розмножень шкідливих комах згідно методології нелінійної динаміки.....	175
Тирусь М.Л. Основні шкідники амаранту в умовах Західного Лісостепу України.	187
Тицький В.Б. Особливості формування продуктивності ріпаку озимого залежно від стимуляторів росту в умовах західного регіону України	194
Хасай Р.Г., Станкевич С.В., Жукова Л.В., Забродіна І.В., Меленті В.О. Шкідники соєвих агроценозів України та світу: розширений огляд	201
Ходос Т.А., Урсал В.В. Фунгіцидний захист ріпаку ярого в умовах Південного Степу України	210
Цицюра Я.Г. Сидеральна цінність кореневих решток редьки олійної у практиці літнього сидерального використання.....	216
Чумбей В.В., Зайка В.К., Шеленко Д.І., Дмитрик П.М., Гусак В.В., Турак О.Ю. Агробіологічний та енергетичний потенціал багаторічних енергетичних культур на малородючих ґрунтах	229
Шакалій С.М., Кулик Є.І. Формування продуктивного потенціалу гібридів соняшника залежно від біопрепарату	237
Шакалій С.М., Шендецький О.О., Пліщенко В.О. Вплив попередників та стимуляторів росту на урожайність та якість сортів озимої пшениці.....	243
Шевніков М.Я., Гуцін А.Ю. Формування врожайності гібридної кукурудзи: економіко-технологічні чинники в зоні Лісостепу України.....	250
Яценко Н.В., Бурковецький О.О. Вплив щеплення на морфометричні показники, продуктивність та органолептичні властивості плодів дині звичайної (<i>Cucumis melo</i> L.) вирощеної у агроекологічних умовах Правобережного Лісостепу України.....	260
ТВАРИННИЦТВО, КОРМОВИРОБНИЦТВО, ЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ПЕРЕРОБКА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ	270
Калинка А.К., Лесик О.Б. Оптимізація впливу рівня енергетичного живлення на продуктивність телиць нової популяції м'ясного сименталу худоби на підсисі та після відлучення з використанням комплексного мінерального препарату в рецептах раціонів в Карпатському регіоні Буковини	270
Калинка А.К. Вплив рецептів раціонів на продуктивність бугайців симентальської породи нового типу в умовах покуття	279
Люта І.М. Вплив року та місяця отелення, кількості осіменіння на відтворювальні якості корів-первісток Голштинської породи	289
ЕКОЛОГІЯ, ІХТІОЛОГІЯ ТА АКВАКУЛЬТУРА	299
Бойко Т.О. Можливості використання рослин-фіторемедіантів для відновлення урбанізованих територій	299
Заболотний О.І., Розборська Л.В. Адаптація бобово-ризобіального комплексу рослин сої до використання мікробних препаратів	306

Мовчан І.П., Бунас А.А., Шерстобоева О.В. Вплив біодеструкторів рослинних решток на ферментативну активність ґрунту	313
Разанов С.Ф., Разанова А.М., Дидів А.І., Мазурак І.В., Міщенко Б.Д. Інтенсивність виносення амарантом цезію-137 із сірого лісового ґрунту в умовах західного регіону України	320
Рулевська Т.Ф., Гомля Л.М., Ревка Т.О. Вплив екологічної освіти на свідомість молодого покоління.....	328
Ситник С.А., Лакида П.І., Ловинська В.М., Голобородько К.К. Акумуляція металічних елементів (Mn, Fe, Co, Ni) у біомасі асиміляційної фракції <i>Robinia pseudoacacia</i> L. та <i>acer Platanoides</i> L. у зеленій інфраструктурі міста Дніпро	334
Сонько С.П., Мамчур Т.В., Огілько С.П., Неженцев А.С. Оцінка впливу узбіччя доріг на біорізноманіття (на прикладі автошляхів Черкаської області).....	340
Тихомирова Т.С., Разно М.Р. Дослідження процесу мікрокомпостування з подальшим безтрансферним використанням компосту.....	348
Яненко В.С., Клепко А.В. Особливості моніторингу орнітофауни у гніздовий період в межах діючої дністровської вес в Північно-Західному Причорномор'ї.....	356

CONTENTS

AGRICULTURE, CROP PRODUCTION, VEGETABLE AND MELON GROWING.....	3
Averchev O.V., Nikitenko M.P., Lytvynenko O.I. Adaptive potential of winter peas in the context of biological features and cultivation technologies.....	4
Berdin S.I., Sakhoshko M.M., Krylov D.O. The formation of a productive stalk of winter wheat depending on varietal characteristics.....	12
Bykin A.V., Kudria O.Yu. The influence of fertigation intensity on the dynamics of tuber setting and formation of table potatoes	20
Vasylyshyna O.V. Assessment and modelling of physical indicators of cherry fruits depending on the characteristics of the variety	27
Vakhovska A.V., Parubok M.I. Optimization of lighting regimes and substrate selection for enhanced growth of pea microgreens.....	34
Venher O.V., Kliuchevych M.M., Fedorchuk N.A., Mozharivska I.A. Kravchenko N.V. Expertise, certification and environmental control of hop growing as a component of agronomic education.....	42
Vyhera S.M. Innovative worldview of the development of agronomy in trophology, vitality and vitaterralogy	49
Voropai Yu.V., Chyhryn O.V. Influence of environmentally safe preparations on the formation of productivity and sowing qualities of white mustard seeds	59
Vradii O.I., Aliksieiev O.O., Matusiak M.V., Saliamon A.V. The intensity of heavy metal accumulation by soybean seeds depending on their growth in the agroecosystem at a certain distance from the forest	68
Derevianko Ye.P., Nazarenko M.M. The effect of triazole growth-regulating compounds on the ontogenesis of winter wheat	75
Kliuchevych M.M., Vyhera S.M., Mozharivska I.A., Chumak P.Ia. Prospects for plant research and production of phytoresources according to the latest trends: plantology and plantonomy	82
Kononenko L.M., Bobrov V.S. Morphometric indicators of plants of the common bean (<i>Phaseolus vulgaris</i> L) agrocenosis in the Right-bank Forest-Step of Ukraine	88
Korkhova M.M., Mykolaichuk V.H., Khonenko L.H., Manushkina T.M. Sorghum: world production and varietal potential in Ukraine	95
Kryshyn R.O., Nazarenko M.M. Hereditary changes under the action of sodium azide for winter wheat.....	102
Levkivskyi I.V. New methods of protection of seed potatoes from viral diseases in the Polissya zone of Ukraine	109
Maidanskyi A.H., Hryhoriv Ya.Ya. Agrobiological Assessment of the Effectiveness of Mineral Fertilization of Spring Camelina under the Conditions of the Western Region of Ukraine	120
Makukh Ya.P., Remeniuk S.O., Riznyk V.M., Moshkivska S.V., Remeniuk Yu.O. Yield of sugar beet depending on the intensity of herbicide protection	129
Mykhailiuk D.V. Peculiarities of growth and development of winter wheat depending on the norms of sowing seeds and biological products in the conditions of the Right-bank Forest-Steppe of Ukraine.....	135

Nesterenko S.A., Prykhodko V.O. Agronomy as a science and practice: modern approaches	142
Ozhihanov K.D. Population-level variability of morphological, biological, and agronomically valuable traits of intermediate wheatgrass (<i>thinopyrum intermedium</i> , Kernza) under the conditions of the right-bank Forest-Steppe zone of Ukraine	150
Pysarenko V.M., Shereshylo B.O. Digital technologies in pest monitoring of agricultural crops: modern approaches and application efficiency	156
Sydiakina O.V., Hamula Ye.A. Current state, problems and prospects of grain maize production	164
Stankevych S.V., Zabrodina I.V., Zhukova L.V., Melenti V.O., Koshelyeva Ya.V. Prognostication algorithms and predictability ranges of mass reproduction of harmful insects according to the method of nonlinear dynamics	176
Tyrus M.L., Lykhochvor V.V., Holiachuk Yu.S. Main pests of amaranth in the Western Forest-Steppe of Ukraine	187
Titskiy V.B. Features of winter rapeseed productivity formation depending on growth stimulants under conditions of the Western region of Ukraine	194
Khasai R.G., Stankevych S.V., Zhukova L.V., Zabrodina I.V., Melenti V.O. Pests of soybean agrocenoses in Ukraine and the world: an expanded review	202
Khodos T.A., Ursal V.V. Fungicidal protection of spring rape in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine	210
Tsytsiura Ya.G. Green manure potential of oilseed radish root residues under summer incorporation practices	216
Zaika V.K., Shelenko D.I., Dmytryk P.M., Husak V.V., Klid V.V., Turak O.Yu., Agrobiological and Energy Potential of Perennial Energy Crops on Low-Productivity Soils	230
Shakalii S.M., Kulyk Ye.I. Formation of productive potential of sunflower hybrids depends on the biological preparation	237
Shakalii S.M., Shendetskyi O.O., Plishenko V.O. Influence of predecessors and growth stimulants on the yield and quality of winter wheat varieties	243
Shevnikov M.Ya., Hushchyn A.Yu. Formation of hybrid maize yield: economic and technological factors in the Forest-Steppe zone of Ukraine	250
Yatsenko N.V., Burkovetskyi O.O. Influence of grafting on morphometric indicators, productivity and organoleptic properties of fruits of common melon (<i>Cucumis melo</i> L.) grown in agroecological conditions of the right-bank forest-step of Ukraine	260
ANIMAL HUSBANDRY, FEED PRODUCTION, STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTS	270
Kalinka A.K., Lesyk O.B. Optimization of the impact of energy nutrition level on the productivity of heifers of a new population of beef Simmental cattle during lactation and after weaning using a complex mineral preparation in ration recipes in the Carpathian region of Bukovina	271
Kalinka A.K. The influence of diet recipes on the productivity of new-type Simmental bulls in Pokuttia conditions	279
Liuta I. Influence of year and month of calving, and number of inseminations on the reproductive traits of primiparous holstein cows	289

ECOLOGY, ICHTHYOLOGY AND AQUACULTURE	299
Boiko T.O. Possibilities of using phytoremediation plants for the restoration of urbanized areas	299
Zabolotnyi O.I., Rozborska L.V. Adaptation of the legume-rhizobial complex of soybean plants to the use of microbial preparations.....	306
Movchan I.P., Bunas A.A., Sherstoboieva O.V. The effect of biodestructors of plant residues on the enzymatic activity of soil.....	313
Razanov S.F., Razanova A.M., Dydiv A.I., Mazurak I.V., Mishchenko B.D. Intensity of Cesium-137 removal from grey forest soil by amaranth under conditions of the Western region of Ukraine.....	321
Rulievskaya T.F., Homlia L.M., Revka T.O. The impact of environmental education on the consciousness of the younger generation.....	328
Sytnyk S.A., Lakyda P.I., Lovynska V.M., Holoborodko K.K. Accumulation of metallic elements (Mn, Fe, Co, Ni) in the assimilatory biomass of Robinia pseudoacacia L. and Acer platanoides L. within the green infrastructure of the Dnipro City	335
Sonko S.P., Mamchur T.V., Ogilko S.P., Nezhenstev A.S. Assessment of the impact of roadsides on biodiversity (using the example of Cherkasy region highways)	340
Tykhomyrova T.S., Razno M.R. Microcomposting process research with further non-transferable compost use	348
Yanenko V.S., Klepko A.V. Peculiarities of birds monitoring during the nesting period within the operational Dniester wind in the North-Western Black Sea region	356

НОТАТКИ

НОТАТКИ

НОТАТКИ

Таврійський науковий вісник

Випуск 144

Сільськогосподарські науки

Підписано до друку 29.08.2025 р.

Формат 70×100/16. Папір офсетний.
Умовн. друк. арк. 33,25. Зам. № 0825/653
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
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 7623 від 22.06.2022 р.