

УДК 632.93:632.7

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.3.16>

## ЕКОЛОГІЧНІ ПЕРЕВАГИ БІОЛОГІЧНОГО МЕТОДУ ЗАХИСТУ РОСЛИН У СИСТЕМІ ІНТЕГРОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ШКІДНИКАМИ

**Ходос Т.А.** – доктор філософії,  
старший викладач кафедри ботаніки та захисту рослин,  
Херсонський державний аграрно-економічний університет  
[orcid.org/0000-0002-7744-1424](https://orcid.org/0000-0002-7744-1424)

У статті проведено комплексний аналіз екологічних переваг біологічного методу захисту рослин у системі інтегрованого управління шкідниками на основі трирічних польових досліджень (2023–2025 рр.) в умовах ФГ "Троянда" Херсонського району Херсонської області.

Мета роботи полягала у визначенні впливу біологічних агентів на компоненти агроєкосистеми та обґрунтуванні їх ролі у формуванні сталих систем землеробства. Об'єктами досліджень були агроєнози пшениці озимої, кукурудзи та соняшнику при застосуванні біологічного методу захисту порівняно з традиційною хімічною системою.

Методика включала оцінку біологічної активності ґрунту за показниками інтенсивності ґрунтового дихання, активності ферментів, чисельності ґрунтової мезофауни, а також моніторинг популяцій корисних та шкідливих організмів. Встановлено, що біологічний метод забезпечує збереження інтенсивності ґрунтового дихання на рівні 82–95 мг CO<sub>2</sub>/100 г ґрунту за добу (проти 58–67 мг на варіантах з хімічним захистом), підвищує чисельність ґрунтової мезофауни на 45–60%, зокрема дощових черв'яків – до 180–220 екз./м<sup>2</sup> (проти 95–120 екз./м<sup>2</sup>).

Проведена порівняльна екотоксикологічна оцінка показала суттєві переваги біологічного методу: період розпаду у довкіллі становить 7–14 діб проти 30–180 діб для хімічних препаратів, залишкові кількості в продукції відсутні, ризик резистентності не виявлений. Видове різноманіття ентомофагів зросло в 2,3–2,8 рази, чисельність кокцинілід збільшилась до 12–18 екз./м<sup>2</sup> (проти 3–5 екз./м<sup>2</sup>), златоочок – до 8–14 екз./м<sup>2</sup> (проти 2–4 екз./м<sup>2</sup>), запилювачів – до 22–28 екз./м<sup>2</sup> (проти 5–8 екз./м<sup>2</sup>). Ефективність контролю шкідників біологічними агентами склала: *Trichogramma evanescens* – 72–85%, *Bacillus thuringiensis* – 65–78%, *Beauveria bassiana* – 68–82%, *Coccinella septempunctata* – 75–88%. Інтеграція біологічного методу в систему інтегрованого управління шкідниками зменшила використання хімічних інсектицидів на 65–72% і підвищила економічну ефективність виробництва на 18–24%. Отримані результати підтверджують значення біологічного методу для екологічної стійкості агроєкосистем та виробництва безпечної рослинницької продукції відповідно до європейських стандартів.

**Ключові слова:** ентомофаги, екологічна безпека, сталий розвиток, біологічна активність ґрунту, ентомопатогенні мікроорганізми

### **Khodos T.A. Environmental advantages of the biological method of plant protection in the integrated pest management system**

The article presents a comprehensive analysis of the environmental advantages of the biological method of plant protection within an integrated pest management (IPM) system, based on three-year field studies (2023–2025) conducted under the conditions of the private farm "Trojanda" in Kherson District, Kherson Region.

The aim of the study was to determine the impact of biological agents on the components of the agroecosystem and to substantiate their role in the formation of sustainable farming systems. The objects of the research were agroecosystems of winter wheat, maize, and sunflower under the



© Ходос Т.А., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

*application of a biological plant protection method compared with a conventional chemical protection system.*

*The methodology included an assessment of soil biological activity based on indicators of soil respiration intensity, enzyme activity, and the abundance of soil mesofauna, as well as monitoring populations of beneficial and pest organisms. It was established that the biological method ensured the preservation of soil respiration intensity at a level of 82–95 mg CO<sub>2</sub> per 100 g of soil per day (compared to 58–67 mg under chemical protection), increased the abundance of soil mesofauna by 45–60%, and, in particular, raised earthworm density to 180–220 individuals/m<sup>2</sup> (versus 95–120 individuals/m<sup>2</sup>).*

*A comparative ecotoxicological assessment demonstrated significant advantages of the biological method: the environmental degradation period was 7–14 days compared to 30–180 days for chemical pesticides; no pesticide residues were detected in agricultural products; and no risk of resistance development was identified. Species diversity of entomophagous insects increased by 2.3–2.8 times, with the abundance of coccinellids rising to 12–18 individuals/m<sup>2</sup> (compared to 3–5 individuals/m<sup>2</sup>), lacewings to 8–14 individuals/m<sup>2</sup> (versus 2–4 individuals/m<sup>2</sup>), and pollinators to 22–28 individuals/m<sup>2</sup> (compared to 5–8 individuals/m<sup>2</sup>).*

*The effectiveness of pest control by biological agents was as follows: Trichogramma evanescens – 72–85%, Bacillus thuringiensis – 65–78%, Beauveria bassiana – 68–82%, and Coccinella septempunctata – 75–88%. Integration of the biological method into the IPM system reduced the use of chemical insecticides by 65–72% and increased the economic efficiency of crop production by 18–24%.*

*The obtained results confirm the importance of biological plant protection methods for enhancing the ecological sustainability of agroecosystems and producing safe crop products in accordance with European standards.*

**Key words:** *entomophages, environmental safety, sustainable development, soil biological activity, entomopathogenic microorganisms.*

**Постановка проблеми.** Сучасне сільське господарство характеризується інтенсивним використанням пестицидів, що створює значне екологічне навантаження на агроєкосистеми. Щорічне застосування понад 50 тис. тонн пестицидів в Україні зумовлює забруднення ґрунтів і вод, зниження біологічної активності, накопичення їх залишків у продукції та порушення природних регуляційних механізмів агроценозів.

Сучасні дослідження показують, що за останні 20 років кількість стійких популяцій збільшилась у 2,5 рази, що вимагає постійного підвищення норм витрати пестицидів і створення нових, більш токсичних препаратів [1]. Це призводить до утворення так званого "пестицидного колеса", коли для контролю шкідників потрібні все більші дози хімічних засобів, що посилює негативний вплив на довкілля.

Підписання Угоди про асоціацію між Україною та Європейським Союзом та імплементація стратегії European Green Deal висувають нові вимоги до систем захисту рослин. Зокрема, Стратегія "Від ферми до виделки" передбачає скорочення використання хімічних пестицидів на 50% до 2030 року та збільшення площ під органічним виробництвом до 25%. Це актуалізує необхідність переходу до екологічно безпечних методів контролю шкідливих організмів.

Впровадження біологічного методу захисту рослин безпосередньо пов'язане з реалізацією Цілей сталого розвитку ООН, зокрема Цілі 2 (подолання голоду), Цілі 12 (відповідальне споживання та виробництво), Цілі 15 (збереження екосистем суші). Також це відповідає завданням Національної стратегії органічного виробництва в Україні до 2030 року, яка передбачає збільшення частки органічної продукції та створення екологічно збалансованих систем землеробства.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Фундаментальні дослідження механізмів природної регуляції популяцій комах у агроценозах проведені провідними вітчизняними та зарубіжними вченими. Комплексний аналіз ефективності різних

груп ентомофагів у системах інтегрованого управління шкідниками показав, що застосування паразитоїдів та хижаків дозволяє знизити чисельність фітофагів на 65-85% без негативного впливу на нецільові організми [1]. Систематизовано відомості про використання ентомопатогенних грибів у захисті сільськогосподарських культур, показана висока ефективність препаратів на основі *Beauveria bassiana* та *Metarhizium anisopliae* проти широкого спектру шкідників [2].

Обґрунтовано концепцію екологічної інтенсифікації сільського господарства на основі максимального використання природних регуляційних механізмів. Доведено, що правильно організована система ІУШ дозволяє скоротити застосування пестицидів на 40-60% без втрати врожайності [3].

Проведена комплексна оцінка ефективності застосування трихограми проти лускокрилих шкідників на посівах кукурудзи, соняшнику та овочевих культур у різних ґрунтово-кліматичних зонах України. Встановлено, що триразовий випуск паразитоїда забезпечує захисний ефект на рівні 72-85% [4]. Розроблена технологія застосування златоочок та кокцинелід для контролю попелиць на зернових культурах в умовах Лісостепу. Встановлено, що комплексне використання хижих комах дозволяє утримувати чисельність фітофагів нижче економічного порогу шкідливості протягом усього вегетаційного періоду [5].

Теоретичні основи біологічного контролю популяцій шкідників в агроценозах розроблені у вітчизняних дослідженнях [6]. Особлива увага приділяється вивченню трофічних зв'язків у агроєкосистемах, механізмів підтримання популяцій корисних організмів та розробці критеріїв оцінки екологічної ефективності різних методів захисту.

**Постановка завдання.** Незважаючи на наявні дослідження з біологічного захисту рослин, недостатньо вивченими залишаються його довгострокові екологічні ефекти в умовах України, зокрема Південного Степу. Бракує систематизованих даних щодо впливу тривалого застосування біометоду на ґрунтовий біоценоз, нецільові організми та біорізноманіття агроландшафтів, особливо в посушливих умовах Херсонської області.

**Метою дослідження** було провести комплексний аналіз екологічних переваг біологічного методу захисту рослин у системі інтегрованого управління шкідниками та обґрунтувати його роль у формуванні сталих агроєкосистем в умовах Південного Степу України.

Для досягнення поставленої мети вирішувались наступні завдання: проаналізувати екологічний вплив біологічного методу на основні компоненти агроєкосистеми (ґрунт, водні ресурси, біорізноманіття); провести порівняльну екоотоксикологічну оцінку біологічного та хімічного методів захисту рослин; визначити ефективність основних груп біологічних агентів проти домінуючих шкідників; обґрунтувати екологічні та агроєкономічні переваги інтеграції біологічного захисту в сучасні системи землеробства.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Дослідження проводились протягом 2023-2025 років на базі ФГ "Троянда" Херсонського району Херсонської області. Ґрунти дослідної ділянки – темно-каштанові середньосуглинкові. Об'єктами досліджень були агроценози пшениці озимої (сорт Антонівка), кукурудзи (гібрид Лежанд F1) та соняшнику (гібрид Форвард) при застосуванні біологічного методу захисту та традиційної хімічної системи. Площа дослідних ділянок становила 2 га, повторність – чотириразова.

Результати трирічних досліджень показали, що застосування біологічного методу захисту рослин позитивно впливає на біологічну активність ґрунту.

Інтенсивність ґрунтового дихання на варіантах з біологічним захистом становила 82-95 мг  $\text{CO}_2/100$  г ґрунту за добу, тоді як на ділянках з хімічним захистом цей показник знижувався до 58-67 мг  $\text{CO}_2/100$  г ґрунту за добу. Це свідчить про збереження активності мікробного ценозу при використанні біологічних агентів.

Чисельність ґрунтової мезофауни (дощових черв'яків, колембол, хижих кліщів) на варіантах з біологічним захистом була в середньому на 45-60% вищою порівняно з ділянками інтенсивного хімічного захисту. Особливо значні відмінності спостерігались у популяціях дощових черв'яків – 180-220 екз./ $\text{m}^2$  проти 95-120 екз./ $\text{m}^2$  відповідно. Дощові черви відіграють ключову роль у формуванні структури ґрунту, процесах гумусоутворення та забезпеченні доступності елементів живлення для рослин [8].

Важливим показником екологічного стану ґрунту є активність ферментів. Активність інвертази на варіантах з біометодом становила 42,5-48,3 мг глюкози/г ґрунту, що на 25-35% перевищувало показники варіантів з хімічним захистом. Активність уреазі також була достовірно вищою – 1,8-2,2 мг  $\text{NH}_3/\text{г}$  ґрунту проти 1,2-1,5 мг  $\text{NH}_3/\text{г}$  ґрунту. Ферментативна активність ґрунту є інтегральним показником, що відображає інтенсивність мікробіологічних процесів та здатність ґрунту до самоочищення [7].

Моніторинг вмісту токсикантів у ґрунтових водах (свердловини на глибині 8-12 м) показав, що на варіантах з біологічним захистом залишкові кількості пестицидів були відсутні або не перевищували межі визначення ( $< 0,001$  мг/л), тоді як на ділянках з хімічним захистом виявлено залишки інсектицидів у концентраціях 0,008-0,025 мг/л. Хоча ці значення не перевищують гранично допустимі концентрації для питної води, тривале накопичення пестицидів у водоносних горизонтах становить потенційну екологічну загрозу та може призвести до забруднення поверхневих водойм.

В умовах Херсонської області, де водні ресурси є лімітуючим фактором, збереження їх якості набуває особливого значення. Відсутність забруднення води пестицидами при застосуванні біологічного методу є важливою екологічною перевагою, що забезпечує довгострокову стійкість агровиробництва в регіоні.

Одним з найважливіших екологічних показників є збереження популяцій корисних організмів. Дослідження показали, що видове різноманіття ентомофагів на варіантах з біологічним захистом було в 2,3-2,8 рази вищим порівняно з варіантами інтенсивної хімізації. Динаміка чисельності основних груп корисних організмів протягом вегетаційного періоду представлена на рис. 1.

Як видно з рисунка 1, чисельність хижих кокцинелід на варіантах з біологічним захистом становила 12-18 екз./ $\text{m}^2$  проти 3-5 екз./ $\text{m}^2$  на хімічних варіантах, златоочок – 8-14 екз./ $\text{m}^2$  проти 2-4 екз./ $\text{m}^2$ . Особливо важливо відзначити збереження популяцій запилювачів: чисельність диких бджіл та джмелів на ділянках з біологічним захистом перевищувала аналогічний показник на хімічних варіантах у 3,5-4,2 рази (22-28 екз./ $\text{m}^2$  проти 5-8 екз./ $\text{m}^2$ ). Це має важливе значення для підвищення врожайності ентомофільних культур, зокрема соняшнику, де якісне запилення збільшує врожайність на 25-35%.

Для комплексної оцінки екологічної безпеки різних методів захисту рослин проведено порівняльний аналіз основних екоотоксикологічних показників (табл. 1). Як видно з таблиці 1, біологічний метод має суттєві переваги за всіма екоотоксикологічними показниками. Особливо важливою є селективність дії біологічних агентів, що дозволяє зберегти популяції корисних організмів та підтримувати природні регуляційні механізми в агроценозах.

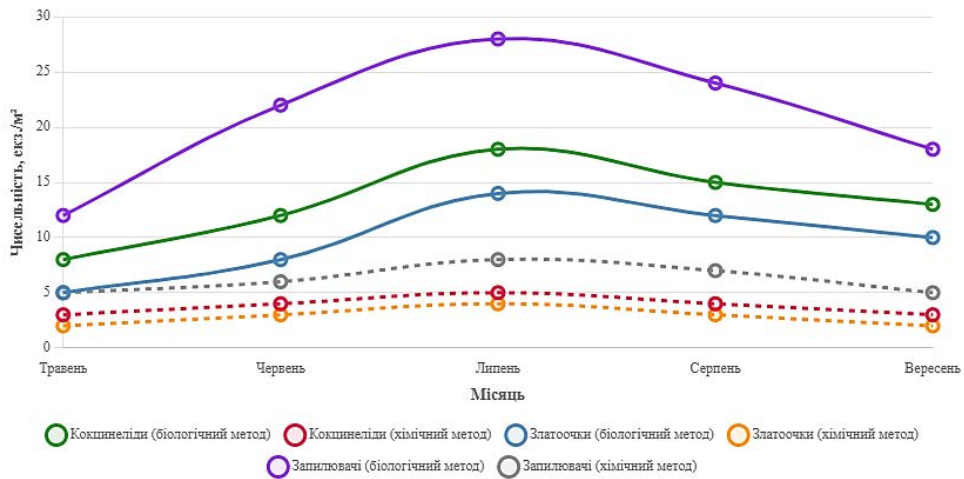


Рис. 1. Динаміка чисельності корисних організмів протягом вегетаційного періоду при застосуванні біологічного та хімічного методів захисту (середнє за 2023-2025 рр.)

Біологічні препарати значно швидше деградують у довкіллі порівняно з хімічними пестицидами: більшість біоагентів розкладається протягом 7–14 діб без утворення токсичних метаболітів, тоді як синтетичні інсектициди можуть зберігатися в ґрунті до 180 діб, мігрувати у водні ресурси та накопичуватися в трофічних ланцюгах.

Таблиця 1

### Порівняльна екотоксикологічна характеристика методів захисту рослин

Показник	Біологічний метод	Хімічний метод
Селективність дії	Висока (вибіркова дія)	Низька (широкий спектр)
Період розпаду у довкіллі	7-14 діб	30-180 діб
Вплив на нецільові організми	Мінімальний	Значний
Залишкові кількості в продукції	Відсутні	Присутні (до МДР)
Ризик резистентності	Відсутній	Високий
Вплив на біологічну активність ґрунту	Позитивний/нейтральний	Негативний

Тому важливою перевагою біометоду є відсутність розвитку резистентності, оскільки його дія ґрунтується на природних взаємодіях, що підтверджено трирічними дослідженнями без зниження ефективності. Застосування біологічного захисту також забезпечує повну відсутність залишкових токсичних речовин у продукції, що відповідає вимогам безпечного харчування та європейським стандартам якості.

Дослідження ефективності основних груп біологічних агентів, які використовуються в системах захисту сільськогосподарських культур, показали високий рівень контролю шкідників при мінімальному екологічному впливі (табл. 2).

Результати досліджень свідчать, що всі групи біологічних агентів забезпечують високий рівень контролю шкідників. Ефективність *Trichogramma evanescens* проти лускокрилих шкідників становила 72–85%, що наближається до показників

хімічних інсектицидів, але з істотно меншим екологічним ризиком. Препарати на основі *Bacillus thuringiensis* забезпечували 65–78% зниження чисельності гусениць і відзначалися повною безпечністю для корисних організмів.

Таблиця 2

**Ефективність біологічних агентів проти основних шкідників  
(середнє за 2023-2025 рр.)**

Біологічний агент	Об'єкт контролю	Ефективність, %	Період дії, дб
<i>Trichogramma evanescens</i>	Лускокрилі шкідники	72-85	14-21
<i>Bacillus thuringiensis</i>	Гусениці	65-78	10-14
<i>Beauveria bassiana</i>	Твердокрилі, попелиці	68-82	7-10
<i>Coccinella septempunctata</i>	Попелиці	75-88	Весь сезон

Ентомопатогенні гриби *Beauveria bassiana* знижували чисельність фітофагів на 68–82% та формували пролонгований захисний ефект. Високу ефективність (75–88%) також показали хижі кокцизеліди, здатні підтримувати стабільний природний контроль попелиць упродовж вегетаційного періоду.

Оптимальні результати досягаються при інтеграції біологічного методу в систему інтегрованого управління шкідниками, що поєднує агротехнічні, біологічні, фізико-механічні та, за потреби, хімічні заходи, знижуючи пестицидне навантаження. Основу системи становлять профілактичні агротехнічні прийоми: обґрунтовані сівозміни, стійкі сорти та оптимальні строки сівби, що обмежують розвиток шкідників..

Біологічний захист застосовувався при досягненні економічного порогу шкідливості на основі регулярного фітосанітарного моніторингу та створення сприятливих умов для природних ентомофагів. Хімічні препарати використовувалися лише у виняткових випадках масових спалахів шкідників. У результаті впровадження системи ІУШ використання інсектицидів скоротилося на 65–72%, а економічна ефективність виробництва зросла на 18–24% за рахунок зменшення витрат і підвищення якості продукції.

Комплексна еколого-економічна оцінка показує, що біологічний метод забезпечує не лише екологічні, але й значні економічні переваги. Прямі витрати на біологічний захист в середньому на 15-20% нижчі порівняно з хімічним захистом за рахунок нижчої вартості біопрепаратів та можливості природного розмноження ентомофагів в агроценозі. Зокрема, вартість одноразового випуску трихограми становить близько 180-220 грн/га, тоді як обробка хімічними інсектицидами – 320-450 грн/га (з урахуванням вартості препарату та витрат на внесення).

Структура економічного ефекту від застосування біологічного методу захисту рослин наведена на рис. 2.

Дані на рис. 2 свідчать про те, що економічний ефект від застосування біометоду складається з кількох компонентів: зниження прямих витрат на захист рослин – 480-650 грн/га; підвищення якості продукції (зниження вологості зерна на 0,5-0,8%, зменшення травмованості зерна шкідниками на 3-5%) та отримання преміальних цін – додатковий дохід становив 850-1200 грн/га; можливість сертифікації продукції як екологічно чистої або органічної з відповідним збільшенням ціни реалізації на 30-40% (для господарства перспектива на майбутнє); зниження ризиків втрати врожаю від резистентних популяцій шкідників, що оцінюються в 5-7% врожайності.

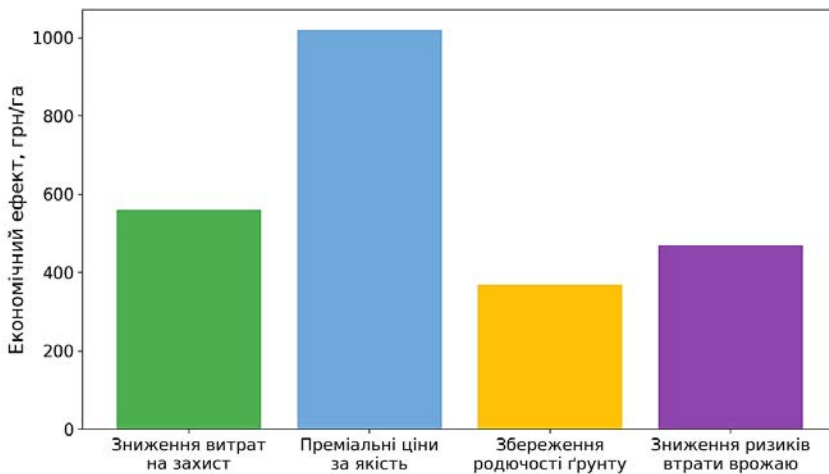


Рис. 2. Структура економічного ефекту від застосування біологічного методу захисту рослин

Екологічний ефект виражається у збереженні родючості ґрунтів (вартість якого оцінюється в 300–450 грн/га на рік за рахунок підвищення біологічної активності), підтриманні біорізноманіття, зниженні забруднення водних ресурсів, що в довгостроковій перспективі забезпечує сталість агровиробництва та збереження природного капіталу [8].

Розрахунок періоду окупності інвестицій у систему біологічного захисту показав 2,5–3,0 роки, що свідчить про економічну доцільність впровадження даної технології.

**Висновки.** Біологічний метод захисту рослин у Південному Степу України забезпечує значно менше екологічне навантаження порівняно з хімічним, що проявляється у збереженні ґрунтового дихання, підвищенні ферментативної активності та зростанні чисельності ґрунтової мезофауни на 45–60% без накопичення токсичних речовин. Метод характеризується високою селективністю, коротким періодом розпаду (7–14 діб), відсутністю залишків у продукції та ризику резистентності, сприяє відновленню біорізноманіття й збільшенню чисельності ентомофагів і запилювачів у 2,3–2,8 рази. Ефективність біологічних агентів становить 65–88%, а їх інтеграція в систему ІУШ зменшує застосування хімічних інсектицидів на 65–72%. У цілому біологічний метод є екологічно безпечним і ресурсозберігаючим елементом сучасних систем захисту рослин. Еколого-економічна оцінка підтвердила доцільність методу завдяки зниженню витрат, зростанню економічної ефективності на 18–24% та окупності інвестицій упродовж 2,5–3,0 років.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Bale J. S., van Lenteren J. C., Bigler F. Biological control and sustainable food production. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2008. Vol. 363. № 1492. P. 761–776. DOI: 10.1098/rstb.2007.2182
2. Eilenberg J., Hajek A., Lomer C. Suggestions for unifying the terminology in biological control. *BioControl*. 2001. Vol. 46, № 4. P. 387–400. DOI: 10.1023/A:1014193329979

3. Van Lenteren J. C., Bolckmans K., Köhl J., Ravensberg W. J., Urbaneja A. Biological control using invertebrates and microorganisms: plenty of new opportunities. *BioControl*. 2018. Vol. 63, № 1. P. 39–59. DOI: 10.1007/s10526-017-9801-4
3. Ursal V.V., Khodos T.A. Phytosanitary monitoring and integrated crop protection: today's challenges and ways to overcome them. *Ефективні системи захисту рослин як інструмент сталого розвитку аграрного сектору економіки та суспільства: матеріали I Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої Дню науки в Україні, 16 травня 2025 р. Херсон-Кропивницький: ХДАЕУ, 2025. С 76-79.*
4. Технологія вирощування і використання організмів у біологічному захисті рослин / Стефановська Т.Р. та ін. Київ : Агроосвіта, 2015. 254 с.
5. Ходос Т.А., Урсал В.В. Порівняльна ефективність біологізованої та хімічної системи захисту озимої пшениці від шкідливих організмів в умовах Півдня України. *Таврійський науковий вісник*. 2025. Вип. 145. С. 142 - 148. DOI:10.32782/2226-0099.2025.145.2.15
6. Писаренко В.М., Шерешило О.О. Цифрові технології в управлінні фітосанітарними ризиками аграрного виробництва. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (2). С. 31 - 36. DOI:10.31210/spi2025.28.02.05
7. Урсал В.В., Ходос Т.А. Інноваційні технології внесення засобів захисту рослин. «Сучасні вектори розвитку аграрної науки»: зб. матер. Міжнар. наук.- практ. конф. до 150 - річчя створення ХДАЕУ, 17-18 вересня 2024 р. С. 128 – 131

Дата першого надходження статті до видання: 01.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026