

БІОПРЕПАРАТИ В УКРАЇНІ ТА СВІТІ: СУЧАСНІ ТРЕНДИ Й ПЕРСПЕКТИВИ

А.А. Бунас, Є.Д. Ткач, В.В. Дворецький

Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)

e-mail: bio-206316@ukr.net; ORCID: 0000-0003-4806-7004

e-mail: bio_eco@ukr.net; ORCID: 0000-0002-0666-1956

e-mail: dvchim@ukr.net; ORCID: 0000-0001-8427-7813

Біопрепарати — це екологічно безпечні засоби захисту рослин і беззаперечна альтернатива пестицидам та агрохімікатам. Сектор біопрепаратів, де діючим агентом є мікроорганізми (бактерії, мікроміцети, стрептоміцети) — найбільшим і становить понад 60%. Світовими лідерами виробництва біопрепаратів є більше ніж 500 компаній із США, Європейського Союзу, Китаю, Індії та ін. Найвідомішими лідерами біопрепаратів є BASF SE, Syngenta AG, Bayer AG, UPL, Corteva Agriscience та багато інших. У 2023 р. світовий ринок біопрепаратів сягав 5,23 млрд дол. США, до 2032 р. прогнозується зростання на рівні 20,4 млрд дол. США. В умовах сьогодення в Україні функціонує 24 біопідприємства, які пропонують вітчизняним агровиробникам понад 38 біопрепаратів різної дії. Останніми роками український ринок біопрепаратів зазнає значних змін, частка попиту на інокулянти (азотфіксаторів) зменшилася від 65% до 27,2% на користь біофункцідів, де зацікавленість від 27% зростає до 63,5%. Не менш важливою характеристикою біопрепарату для виробників є спосіб внесення в агроєкосистему. Найпоширенішими є біопрепарати для оброблення на листках у вигляді спрею — 64%, оброблення передпосівного матеріалу (насіння) — 23, внесення у ґрунт — 10, деструктори та препарати для зберігання врожаю не більше — 3%. Не менш цінною є препаративна форма біопрепарату, що впливає на спосіб застосування, термін зберігання та сумісність з іншими препаратами. На ринку найбільше пропозицій рідких та у вигляді суспензій біопрепаратів — понад 60%, порошкових (суха форма) — 30, гранульованих — менше 10%. Деградація 33% ґрунту у світі, забруднення навколишнього середовища, виникнення стійких шкідників та хвороб сільськогосподарських культур, постійно зростаюча чисельність населення і дефіцит еколого-безпечних харчових ресурсів для людства сприяють не лише популяризації біопрепаратів, а роблять їх безсумнівним трендом для агровиробників. Все це пов'язано з перевагами біопрепаратів, а саме високою біологічною активністю до вибраної мішені, відсутністю післядії та періоду очікування від оброблення до збору врожаю, фітотоксичністю, появою резистентності до шкідників та фітопатогенів, безпека для теплокровних тварин і людини, економічність.

Ключові слова: мікроорганізми, бактерії, мікроміцети, біоінсектициди, біофункціди, деструктори, інокулянти, біородентициди, біоагенти.

ВСТУП

Відповідно до даних ООН на Землі у 2024 р. проживає 8,2 млрд людей. Цей показник постійно зростає і очікується, що у 2037 р. населення перетне позначку 9 млрд осіб. Експерти вказують, що 2060 р. стане граничним, коли населення Землі сягатиме 10 млрд осіб [1].

На міжнародному симпозіумі ФАО (Китай, 2024 р.) з ґрунтів вчені всього світу констатували, деградацію близько 33% глобальних ґрунтів планети [2; 3]. Однак

ґрунт був і залишається важливим ресурсом та частиною природного середовища, який є джерелом харчування людства й продовольчої безпеки. Також ґрунт — це життєвий простір для людей і збереження біорізноманіття всього живого; це основа біосферних взаємодій і глобального циклу живої матерії та вуглецю, регулювання клімату й водозабезпечення екосистем. Серед чинників, які негативно впливають на ґрунт — підвищення чисельності населення та зростаюча урбанізація, збільшення і утилізація відходів, зміна кліма-

ту, ірраціональне сільське господарство [3].

Відомо, що людська діяльність змінила 3/4 поверхні суходолу і 2/3 площі океану. Впродовж 2010–2015 рр. зникло 32 млн га лісу, а за останні 150 років удвічі скоротилось кількість живих коралових рифів. У звітах про біорізноманіття Землі, ООН постулює, що через 10 років зникне кожний відомий нам четвертий вид [4]. У конвенції про біорізноманіття сформульовано поетапні шляхи підтримки та збереження біорізноманіття до 2030 та 2050 рр., визначені глобальні цілі. Так, однією з провідних цілей, визначених у Конвенції, є «Посилення біобезпеки та поширення переваг біотехнології», де акцент робиться на поводження з модифікованими організмами, збереження існуючих, ефективність застосування продуктів біотехнологічного виробництва, зокрема біопрепаратів, сприяння охороні біорізноманіття агроєкосистем [5]. Питання продовольчої безпеки, стійкості і продуктивності агроєкосистем та якості сільськогосподарської продукції невід’ємно пов’язані й дуже актуальні в ХХІ ст. Відомо, що аграрії щороку використовують близько 3 млрд т пестицидів, щоб запобігти вробам і шкідникам, які спричиняють 65 тис. агентів. Однак щороку втрачають врожаю дуже великі, до збору врожаю — 40% і після збору врожаю до 10% [6]. Такі значні втрати врожаю пов’язані з тим, що хімічні засоби захисту рослин діють тимчасово, а зі збільшенням норми та частоти їх застосування виникає стійкість у мікроорганізмів та комах.

Зважаючи на те, що тісно сполучені здоров’я ґрунту, рослин, стан агроєкосистем і навколишнього середовища використання еколого-безпечних засобів та методів захисту агроценозів стає дедалі перспективнішим і поширенішим. Відповідно поставлено мету дослідити тенденції виробництва біологічних засобів захисту рослин (біопрепаратів, де діючий агент мікроорганізм та продукти їх метаболізму) у світі та Україні, проаналізувати попит та пропозиції на біопрепарати; визначити попит

майбутнього з точки зору далекосяжності сьогодення.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Біологічний метод захисту рослин, біометод (*biological control or biocontrol*) — це еколого-безпечний спосіб, який дає змогу зменшити популяцію шкідливих організмів (фітопатогенні мікроорганізми, комахи, кліщі, бур’яни) та контролювати їх розвиток в агроєкосистемах за рахунок природних паразитів, антагоністів, конкурентів чи речовин, які вони продукують [7].

Біометод за своєю суттю це альтернатива хімічним методам у системах захисту рослин, оскільки: простий, безпечний, економічний з точки зору виробництва; знижує пестицидне навантаження на агроєкосистеми через зменшення використання хімічних засобів. Біометод надзвичайно широке і об’ємне поняття, в якому тільки за діючим агентом засобу захисту можна виділити кілька типів: біопрепарати на основі бактерій (Нітрофікс, Азотофіт, Поліміксобактерин, Біополіцид), мікроміцетів (Триходермін, Хетоміум), вірусів (Мадекс Твін на основі *Cydia pomonella*, грануловірус), їх комплексів (Екостерн, Деструктор Стерні, Diamond Glow Нумі [К] Bio+ «plus»); продукти метаболізму мікроорганізмів (Целюлад); концентровані біологічно активні речовини продуцентами яких є мікроорганізми (Актоверм); ентомофаги (кліщі, макролофус, афідіус, Божа корівка) та багато інших.

За експертними оцінками світовий ринок засобів біологічного контролю не залежно від діючого чинника (мікроміцети, бактерії, віруси, кліщі, комахи) у 2022 р. сягав 3,24 млрд дол. США, в 2023 р. — 5,23. У період з 2024–2032 рр. очікується зростання попиту і виробництва біозасобів у межах 14,9–16,4%. Прогнозується, що у 2028 р. ринок біозасобів становитиме 7,5 млрд дол. США, а в 2032 р. — досягне 20,4 млрд дол. США [8; 9].

Сектор біопрепаратів, де діючим агентом є мікроорганізми (бактерії, мікроміцети, стрептоміцети) є найбільшим і становить

60% ринку; віруси, окремий різновид засобів захисту і в цей сектор не входять. На думку експертів маркетингових досліджень, світовий ринок біопрепаратів від 2024 до 2034 рр. в середньому зростає на 8,5%, не зважаючи на роки зі стрімким та динамічним попитом. У 2023 р. світовий ринок біопрепаратів сягав 3,09 млрд дол. США [9], наприклад у Бразилії ринок біопрепаратів – 1,8 млрд реалів [10]. За даними Державної служби статистики України, у 2016 р. приріст ринку біопрепаратів становив понад 13%. У 2018 цей показник перевищив 38%, а з початком війни у 2022 р. – впав на 20–30%. Однак із початку 2023 р. відмічали відновлення ринку біопрепаратів, збільшення на рівні 50% [11].

Світове виробництво біопрепаратів за географією представлено на *рис. 1* [12]. Якщо розглядати виробництво окремо по країнах, то США виробляє близько 24,2%, Європейський Союз – 20,8, Китай – 19, Індія – 12,3, Японія – 5,2, Південна Корея – 3,8, Бразилія – 2,3%, на інші країни, зокрема Україну припадає 10,3% [13].

Ринок виробників сільськогосподарських біопрепаратів у розрізі компаній, то

у світі їх понад 500. Лідерами у виробництві є BASF SE (Німеччина), Syngenta AG (Швейцарія), Bayer AG (Німеччина), UPL (Індія), Corteva Agriscience (США), The Mosaic Company (США), Pro Farm Group Inc. (США), Gowan Company (США), Vegalab SA (Швейцарія), Lallemand Inc. (Канада), Valent BioSciences LLC (США) [12; 14].

Відомо, що на початку 2022 р. BASF SE представила у Бразилії біологічний фунгіцид Seltima для боротьби з азіатською іржею сої. Наприкінці 2022 р. Bayer AG придбала Biagro Group, аргентинську біологічну компанію, що посилює позиції Bayer у Латинській Америці [14].

На території України до 1990 р. налічувалося понад 268 біопереробних заводів і біолабораторій. Використання біометоду досягло 27%. Після 1991 р. близько 160 підприємств припинили діяльність. Станом на 2019 р. в Україні функціонує 24 біопереробні підприємства та біолабораторії. Серед лідерів вітчизняного виробництва є ПП «БТУ-Центр», ДП «Ензим», ТОВ «БІОНА СЕРВІС ПЛЮС», ТОВ «БІОНОРМА», Черкаський НВПБК, ДУ «Волинська обласна фітосанітарна лабораторія», «Кіровоградська обласна фітосанітарна лабораторія», «Львівська обласна фітосанітарна лабораторія», «Полтавська обласна фітосанітарна лабораторія», «Харківська обласна фітосанітарна лабораторія». Серед наукових установ – Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН, Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України, Інститут агроєкології і природокористування НААН, Інститут фізіології рослин і генетики НАН України [15].

Всі існуючі біопрепарати для рослинництва як у світі, так і в Україні можна розділити на 5 основних категорій (*рис. 2*). «Наймолодшими» за розробленням і виробництвом є біопрепарати категорії біодеструкторів, біоредентицид. Інші категорії біопрепаратів почали досліджувати понад 70 років тому, виділяли агенти, розробляли біотехнологічні карти, мали перспективність і ефективність їх застосування. Крім



Рис. 1. Виробництво біопрепаратів у світі, % [12]

того, всі біопрепарати можна розподілити на чотири категорії залежно від способу оброблення рослин, а саме: внесення після збору врожаю (це деструктори та препарати для зберігання врожаю) їх частка становить від загальної кількості не більше 3%, внесення у ґрунт – 10%, оброблення насіння (передпосівного матеріалу) – 23%, оброблення на листках у вигляді спрею – 64% [14].

Біопрепарати, які рекомендовано обробляти на листках набувають найбільшої популярності, оскільки їх добре використовувати сумісно з іншими добривами та рістстимуляторами.

В умовах сьогодення існує три основних типи оброблення на листках: це рістстимуляція, це боротьба зі шкідниками, це захист від фітопатогенів [12]. Окрім того, всі біопрепарати розподіляються і за препаративною формою. Біопрепарати в рідкому стані, суспензії становлять понад 60% пропозиції ринку, суха або порошкова форма займає сегмент близько 30%, гранульований – не вище 10% [14].

Слід зазначити, що український ринок біопрепаратів зазнає значних змін, особливо серед класів біопрепаратів. Частка інокулянтів (азотфіксаторів) зменшилася від 65% до 27,2%. Однак частка біофунгіцидів значно зросла від 27% до 63,5% [15]. Станом на 2024 р. у Державному реєстрі пестицидів і агрохімікатів, дозволених до застосування в Україні з чинною ліцензією, налічується близько 135 біологічних засобів захисту рослин від 38 вітчизняних виробників та 117 іноземних препаратів від виробників із 28 країн [16].

Біоінокулянти або інокулянти – це клас біопрепаратів, які забезпечують азотне живлення сільськогосподарських культур за рахунок симбіотичної чи асоціативної азотфіксації. За способом застосування ця група препаратів передбачає оброблення передпосівного матеріалу, оскільки клітини мікроорганізмів мають взаємодіяти безпосередньо з кореневою зоною рослин. Поширеність інокулянтів набули після відкриття симбіотичної азотфіксації у бобових культур. Найпоширенішими у світі є



Рис. 2. Основні класи біопрепаратів за дією

інокулянт для сої. Діючим агентом таких біопрепаратів є різні штами бактерії роду *Bradyrhizobium japonicum*. Також є низка інокулянтів для різних бобових культур, як-от горох (*Rhizobium leguminosarum*), квасоля (*Rhizobium phaseoli*), конюшина, люцерна (*Sinorhizobium meliloti*), нут (*Rhizobium ciceri*), люпин (*Bradyrhizobium lupini*), козлятник (*Rhizobium galegae*) та багато інших. Для бобових у США використовують Оптимайз та Гравекс, а в Україні – Нітрофікс, Ризоактив, Ризостим, Різолайн, Андеріс, Інокулянт БТУ, Біомаг Соя, Ековітал; у Мексиці – нітрагін і парадор, в Уругваї та Аргентині – нітрозол, нітрум, атова, Новій Зеландії – різокот, Австралії – тропікол-інокулянт, нодулейт і нітроджерм, Індії – аріс агро, Єгипті – окадин, Угорщині – ризоніт-torfe. Багаторічними дослідженнями встановлено, що передпосівна бактеризація насіння бобових культур сприяє збільшенню інтенсивності фотосинтезу та врожайності в середньому на 20–35% і покращує якість продукції за вмістом протеїну на 5–6% [17–19].

Однак використання інокулянтів сьогодні не обмежується тільки бобовими культурами. Інокулянти застосовують також для передпосівної обробки насіння

різних агрокультур: технічних, просапних, зернових колосових, кукурудзи та соняшника [20; 21]. Для соняшника можна знайти інокулянт на основі *Cladosporium tenuissimum* (Біотрінсік і 180 ПС), кукурудзи і ріпаку — BINOC, BioStim на основі бактерій роду *Bacillus* та *Azotobacter*. Вітчизняні препарати діазофіт, діазобактерин і ризоентерин забезпечують азотом зернові рослини за зниження дози мінеральних азотних добрив на 25–30%. Для підвищення врожайності овочевих культур: помідорів, капусти, буряків цукрових рекомендовано Азотобактерин, Біоплант-К, Клепс.

Біодеструктори — відносно нова категорія біопрепаратів, дія яких зазвичай пролонгована. Основною функцією біодеструкторів є розкладання рослинних решток в агроєкосистемах, пригнічення патогенних мікроорганізмів та «оздоровлення» ґрунту через покращання агрохімічних і агрофізичних характеристик.

Зазвичай за діючим агентом серед біодеструкторів виділяють *однокомпонентні* (біологічний агент — один мікроорганізм бактеріальний чи грибний), *багатокомпонентні* (до складу входить декілька діючих штамів) та ферментативні (біопрепарати на основі культуральних рідин мікроорганізмів, полісахаридів, целюлаз, вітамінів та гормонів, які продукують мікроорганізми в процесі культивування, проте такі біопрепарати не містять живих клітин мікроорганізмів). У періодичних виданнях з'явилась інформація, що за використання комплексних біопрепаратів для деструкції органічних решток спостерігається ефект мікробіологічного вирівнювання ґрунтових умов. Учені припускають, що мікробіологічні препарати створюють, а подекуди й індукують нові ефективні мікроорганізмові мережі, які дають змогу зберегти енергетичні ресурси та поживні речовини, розподіливши їх рівномірно в ґрунті. Тому вчені мікробіологи-біотехнологи постійно знаходяться в пошуку активних продуцентів для створення біопрепаратів ще з більшим відсотком ефективності порівняно з вже відомими.

У переліку пестицидів і агрохімікатів України на початок 2024 р. [17] зареєстровано понад 25 біодеструкторів, які дають змогу прискорити розкладання органічного матеріалу в агроєкосистемах і відрізняються за діючим агентом та рівнем активності. Найчастіше з запропонованих біопрепаратів трапляються Екостерн, Целюлад Л, Polymix, MicoCell, Вермистим Д, Біонорма Деструктор, Деструктор Стерні (ДЦ), Plantonit Destrutor, Біокомплекс-БТУ, Біосистемс, Органік-Баланс, Лінгогумат, Ризобакт Гуміфікатор та багато інших.

Біофунгіциди — це препарати живих організмів, продукти їхньої життєдіяльності, що використовуються сільгоспвиробниками для захисту рослин у період вегетації від хвороб, що викликають грибні та бактеріальні збудники. Біологічні фунгіциди володіють значним діапазоном дії та довготривалим потенціалом, що дає змогу захистити рослини від широкого спектра хвороб, зокрема: пліснявіння насіння, корневих гнилей, снігової плісняви, борошнистої роси, бурої роси, фітофторозу, альтернаріозу, фузаріозу, фомозу, кокомікозу, бактеріозів і різного роду плямистостей і гнилей. В умовах сьогодення виділено понад 440 видів мікроорганізмів, які агентів для контролю різних збудників хвороб рослин. У біофунгіцидах найчастіше можна зустріти мікроорганізми родів *Bacillus*, *Pantoea*, *Streptomyces*, *Trichoderma*, *Clonostachys*, *Pseudomonas*, *Burkholderia* і деякі види дріжджів. Пригнічення патогенних бактерій та мікроміцетів відбувається за рахунок синтезу антибіотиків, бактеріоцинів, сидерофорів, гідролітичних ферментів та інших вторинних метаболітів [22–26]. В Україні найпоширеніші Біополіцид, Фітоцид, МікоХелп, Склероцид, Фітодоктор, Триходермін, ФітоХелп, Фітоспорин та багато інших [17].

Біоінсектициди та біоакарициди — це клас біопрепаратів на основі вузькоспеціалізованих мікроорганізмів і синтезованих ними специфічних біотоксинів спрямованої дії. Біоінсектициди призначені для боротьби з імаго (доросла (статевозріла) стадія комахи та деяких інших членисто-

ногих) і личинками шкочочиних комах, кліщів і комарів. Препаративні форми біоінсектицидів забезпечують ефективну боротьбу з такими шкідниками, як: коло-радський жук, капустяна совка, вогнівка, яблунева плододжерка, лучний метелик, американський білий метелик, яблунева і плодова міль, павутинні кліщі, значна кількість видів гусені тощо. До того ж препарати абсолютно безпечні для бджіл [27–30]. Українським аграріям пропонують: Лепідоцид-БТУ, Бітоксисабацилін-БТУ, Актоверм, Акторофіт, Ентоцид, Нематофагін-М, Боверин-М, Метаризин-М, Вертицилін-М, Мікосан, Біотрол [17]. Серед закордонних найпоширеніші — Companion, Kodiak, Serenade, Nemato-Guard, Biomet, Bioderma Ketmium та ін. [31].

Біородентицид — високоефективні біопрепарати з чіткою вибірковою патогенністю на основі бактерій роду *Salmonella*, які надають змогу захистити врожай сільськогосподарських культур від гризунів і уникнути використання небезпечної для здоров'я хімії. Найчастіше біоагентом цього біозасобу є бактерії *Salmonella enteritidis* var. Issatchenko, які здатні викликати епізоотію серед мишоподібних гризунів.

Сальмонела розмножується в організмі гризуна і викликає його загибель. Потрапляючи в шлунково-кишковий канал, а потім у кров тварин бактерії спричиняють септицемію. Під час поїдання принади гризуни гинуть упродовж 5–14 діб. Розвиток інфекції і загибель гризунів протікає поступово, тому шкідники не припиняють поїдання бактеріального препарату навіть у розпал захворювання. Патогенність родентопатогенних бактерій, незважаючи на приналежність до групи сальмонел, вибіркова. Вони є безпечними не тільки для людини, домашніх тварин і корисної дикої фауни, але і для переважної більшості видів гризунів. Зернові принади застосовуються проти мишоподібних гризунів на посівах сільськогосподарських культур, на луках, пасовищах, у лісах, скиртах, парниках, елеваторах, млинах, складських і тваринницьких приміщеннях, на дачах і

приватних помешканнях. На українському ринку можна зустріти — ВІО Genius, Раттер, Бактородентицид, БіОродентицид «Майсі», Родента-БіО, Антимішин.

Біопрепарат ВІОРАТ, вироблено компанією LABIOFAM (Куба), відомий у 21 країні світу та використовують для контролю і зниження чисельності гризунів [32].

ВИСНОВКИ

Біопрепарати в агровиробництві — це тренд, що дедалі більше набуває поширеності в Україні та світі. Біоазот, біофосфор, біостимулятори, біофунгіциди, біоінсектициди, біородентициди та інші біопрепарати є еколого-безпечними порівняно з хімічними засобами удобрення та захисту рослин. Застосування біопрепаратів дає змогу зберегти екологічний стан агроєкоосистем, а відповідно і навколишнього природного середовища, зокрема ґрунту та отримати екологічно безпечну продукцію сільського господарства.

На основі маркетингових досліджень світовий ринок біопрепаратів від 2024 до 2034 рр. у середньому зростає на 8,5%. Станом на 2024 р. у Державному реєстрі пестицидів і агрохімікатів, дозволених до застосування в Україні з чинною ліцензією, налічується близько 135 біологічних засобів захисту рослин від 38 вітчизняних виробників та 117 іноземних препаратів із 28 країн. Слід зазначити, що в Україні застосування біопрепаратів у технології вирощування сільськогосподарських культур інтегрують не лише «малі» та «середні» фермерські господарства а й найбільші холдинги України — «Кернел», Миронівський Хлібопродукт, UkrLandFarming «Континентал Фармерз Груп», «Епіцентр Агро», «Астарта-Київ», «ТАС Агро», VIT-AGRO.

Отже за біопрепаратами незалежно від класу дії безсумнівно майбутнє, яке відкриває перспективи для пошуку активних продуцентів та розроблення технологічних карт для виробництва комплексних біопрепаратів.

ЛІТЕРАТУРА

- World Population UNO. 2024. URL: [https://www.worldometers.info/world-population/#:~:text=8.2%20Billion%20\(current\)&text=The%20term%20%22World%20Population%22%20refers,currentl%20of%20the%20world](https://www.worldometers.info/world-population/#:~:text=8.2%20Billion%20(current)&text=The%20term%20%22World%20Population%22%20refers,currentl%20of%20the%20world).
- Чабанюк Я.В., Шерстобоева О.В., Дем'янюк О.С. Біодіагностика і біобезпека ґрунтів агроєкосистем. *Агроєкологічний журнал*. 2017. № 2. С. 142–149. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2017.220170>.
- Global Symposium on Soil Information & Data (GSID24). 2024. URL: <https://www.fao.org/global-soil-partnership/gsid24/en/>.
- Convention on Biological Diversity. 2030 Targets (with Guidance Notes). Target 10. «Enhance Biodiversity and Sustainability in Agriculture, Aquaculture, Fisheries, and Forestry». URL: <https://www.cbd.int/gbf/targets/10>.
- Convention on Biological Diversity. 2030 Targets (with Guidance Notes). Target 17. «Strengthen Biosafety and Distribute the Benefits of Biotechnology». URL: <https://www.cbd.int/gbf/targets/17>.
- Messing R. and Brodeur J. Current challenges to the implementation of classical biological control. *BioControl*. 2018. Vol. 63 (1). P. 1–9. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10526-017-9862-4>.
- Biological Control Program. 2024. URL: [https://www.aphis.usda.gov/plant-pests-diseases/biocontrol#:~:text=Biological%20control%20\(biocontrol\)%20involves%20the,competitors%20to%20suppress%20pest%20populations](https://www.aphis.usda.gov/plant-pests-diseases/biocontrol#:~:text=Biological%20control%20(biocontrol)%20involves%20the,competitors%20to%20suppress%20pest%20populations).
- Biocontrol Agents Market — By Active Substance (Microbials, Macro-Organisms, Bio-chemicals), By Crops (Fruits and Vegetables, Cereals & Grains, Pulses, Others) and By Application (Seed Treatment, On-Field, Post-Harvest) & Forecast, 2024–2032. 2024. URL: <https://www.gminsights.com/industry-analysis/biocontrol-agents-market>.
- Biocontrol agents market. URL: <https://www.stratviewresearch.com/1744/biocontrol-agents-market.html>.
- Global Biocontrol Agents Market 2024–2033. URL: <https://www.custommarketinsights.com/report/biocontrol-agents-market/#:~:text=Global%20Biocontrol%20Agents%20Market%20was,the%20forecast%20period%202023%20%20E2%80%93%202032>.
- Shimbori E.M., Querino R.B., Costa V.A. and Zucchini R.A. Taxonomy and Biological Control: New Challenges in an Old Relationship. *Neotrop Entomology*. 2023. Vol. 52 (3). P. 351–372. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13744-023-01025-5>.
- Використання добрив і пестицидів під урожай сільськогосподарських культур. 2024. URL: <https://stat.gov.ua/uk/datasets/vykorystannya-dobryv-i-pestytsydiv-pid-urozhay-silskohospodarskykh-kultur-0>.
- Agricultural Biologicals Market Size, Share, and Trends 2024 to 2034. URL: <https://www.precedenceresearch.com/agricultural-biologicals-market>.
- Biological Control Agents Strategic Report. 2022. URL: https://commodityinsights.spglobal.com/biological_control_agents-2022.html.
- Біологічний метод захисту рослин як важливий інструмент переходу до органічного та екологічного землеробства: практика застосування і перспективи для України. 2020. URL: http://naas.gov.ua/news/?ELEMENT_ID=6416.
- Крутякова В., Гулич О., Янсе Л. Стан і проблеми ринку біологічних засобів захисту рослин в Україні. *Bulletin of Agricultural Science*. 2023. Т. 101. № 1. С. 30–39. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202301-04>.
- Державний реєстр пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні. 2024. URL: <https://есо.gov.ua/registers/perelik-pesticidiv-i-agrohimiaktiv-dozvolenih-dlya-vikoristannya>.
- Крутило Д.В., Надєрична О.В., Шерстобоева О.В., Ушакова М.А. Корекція ризобіальних угруповань ґрунту за інтродукції *Bradyrhizobium japonicum* різних генетичних груп. *Агроєкологічний журнал*. 2018. № 2. С. 73–81. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2018.157839>.
- Kots S.Ya., Vorobey N.A., Kyrychenko O.V. et al. Microbiological preparations for agriculture. *Institute of Plant Physiology and Genetics NAS of Ukraine*. Kyiv: Logos, 2016.
- Morgun V.V. and Kots S.Y. The role of biological nitrogen in nitrogen nutrition of plants. *Bulletin of the National Academy of Sciences of Ukraine*. 2018. No. 1. P. 62–74. DOI: <https://doi.org/10.15407/visn2018.01.062>.
- Bourak K., Oulakhir F.E., Maghnia F.Z. et al. Comprehensive Approach Combining Short-Chain Polyphosphate and Bacterial Biostimulants for Effective Nutrient Solubilization and Enhanced Wheat Growth. *Microorganisms*. 2024. Vol. 12. P. 1423. DOI: <https://doi.org/10.3390/microorganisms12071423>.
- Шерстобоева О.В., Бунас А.А., Дем'янюк О.С. Вплив попередників та передпосівної інюляції насіння штамом *Azotobacter vinelandii* 12М на врожайність кукурудзи і активність процесу азотфіксації. *Збалансоване природокористування*. 2020. № 1. P. 120–128. URL: <http://journals.uran.ua/bnusing/article/view/203941>.
- Van Lenteren J.C., Bolckmans K., Köhl J., Ravensberg W.J. and Urbaneja A. Biological control using invertebrates and microorganisms: plenty of new opportunities. *BioControl*. Vol. 63. P. 39–59. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10526-017-9801-4/>.
- Kumar N. and Khurana P.S.M. Trichoderma-plant-pathogen interactions for benefit of agriculture and environment. *Biocontrol Agents and Secondary Metabolites*. 2021. P. 41–63. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822919-4.00003-X>.
- El-Sharkawy H.H.A., Abbas M.S., Soliman A.S. et al. Synergistic effect of growth-promoting microorganisms on bio-control of *Fusarium oxysporum* F. sp. pisi, growth, yield, physiological and anatomical characteristics of pea plants. *Pesticide Biochemistry*

- and Physiology. 2021. Vol. 178. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2021.104939>.
26. Lahlali R., Ezrari S., Radouane N. et al. Biological Control of Plant Pathogens: A Global Perspective. *Microorganisms*. 2022. Vol. 10. P. 596. DOI: <https://doi.org/10.3390/microorganisms10030596>.
 27. Ugur A., Jouzani Gh.S., Sansinenea E. and Sanchis-Borja V. Biotechnological advances in *Bacillus thuringiensis* and its toxins: Recent updates. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*. 2023. Vol. 22 (2). P. 319–348. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11157-023-09652-5ff>.
 28. Eads D.A., Jaronski S.T., Biggins D.E. and Wimsatt J. Insect Pathogenic Fungi for Biocontrol of Plague Vector Fleas: A Review. *Journal of Integrated Pest Management*. 2021. Vol. 12. Is. 1. P. 30. DOI: <https://doi.org/10.1093/jipm/prab028>.
 29. Шерстобоева О.В., Крижанівський А.Б., Крижко А.В. Екологічні переваги застосування мікробіометоду в інтегрованій системі захисту рослин. *Агроекологічний журнал*. 2021. № 3. С. 27–32. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2021.240318>.
 30. Yüksel E., Özdemir E., Albayrak Delialioğlu R. and Canhilal R. Insecticidal activities of the local entomopathogenic nematodes and cell-free supernatants from their symbiotic bacteria against the larvae of fall webworm, *Hyphantria cunea*. *Experimental Parasitology*. 2022. Vol. 242. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.exppara.2022.108380>.
 31. Dhakal R. and Singh D.N., Biopesticides: A Key to Sustainable Agriculture. *Int. J. PureApp. Bioscience*. 2019. Vol. 7 (3). P. 391–396. DOI: <http://dx.doi.org/10.18782/2320-7051.7034>.
 32. Biorat a natural biological rodenticide against rats and mice. 2024. URL: https://www.ideassonline.org/public/pdf/br_24_18.pdf.

REFERENCES

1. World Population UNO. (2024). URL: [https://www.worldometers.info/world-population/#:~:text=8.2%20Billion%20\(current\)&text=The%20term%20of%22World%20Population%22%20refers,currentlly%20living\)%20of%20the%20world](https://www.worldometers.info/world-population/#:~:text=8.2%20Billion%20(current)&text=The%20term%20of%22World%20Population%22%20refers,currentlly%20living)%20of%20the%20world) [in English].
2. Chabaniuk, Ya.V., Sherstoboieva, O.V. & Demianiuk, O.S. (2017). Biodiagnostyka i bioбезпека hruntiv ahroekosystem [Biodiagnosis and biosafety of soils of agroecosystems]. *Ahroekologichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 2, 142–149. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2017.220170> [in Ukrainian].
3. Global Symposium on Soil Information & Data (GSID24). (2024). URL: <https://www.fao.org/global-soil-partnership/gsid24/en/> [in English].
4. Convention on Biological Diversity. 2030 Targets (with Guidance Notes). Target 10. «Enhance Biodiversity and Sustainability in Agriculture, Aquaculture, Fisheries, and Forestry». (2024). URL: <https://www.cbd.int/gbf/targets/10> [in English].
5. Convention on Biological Diversity. 2030 Targets (with Guidance Notes). Target 17. «Strengthen Biosafety and Distribute the Benefits of Biotechnology». (2024). URL: <https://www.cbd.int/gbf/targets/17> [in English].
6. Messing, R. & Brodeur, J. (2018). Current challenges to the implementation of classical biological control. *BioControl*, 63 (1), 1–9. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10526-017-9862-4> [in English].
7. Biological Control Program. (2024). URL: [https://www.aphis.usda.gov/plant-pests-diseases/biocontrol#:~:text=Biological%20control%20\(biocontrol\)%20involves%20the,competitors%20to%20suppress%20pest%20populations](https://www.aphis.usda.gov/plant-pests-diseases/biocontrol#:~:text=Biological%20control%20(biocontrol)%20involves%20the,competitors%20to%20suppress%20pest%20populations) [in English].
8. Biocontrol Agents Market — By Active Substance (Microbials, Macro-Organisms, Bio-chemicals), By Crops (Fruits and Vegetables, Cereals & Grains, Pulses, Others), & By Application (Seed Treatment, On-Field, Post-Harvest) & Forecast, 2024–2032 (2024). URL: <https://www.gminsights.com/industry-analysis/biocontrol-agents-market> [in English].
9. Biocontrol agents market. (2024). URL: <https://www.stratviewresearch.com/1744/biocontrol-agents-market.html> [in English].
10. Global Biocontrol Agents Market 2024–2033. (2024). URL: <https://www.custommarketinsights.com/report/biocontrol-agents-market/#:~:text=Global%20Biocontrol%20Agents%20Market%20was,the%20forecast%20period%202023%20%E2%80%93%202032> [in English].
11. Shimbori, E.M., Querino, R.B., Costa, V.A. & Zucchini, R.A. (2023). Taxonomy and Biological Control: New Challenges in an Old Relationship. *Neotrop Entomol.*, 52 (3), 351–372. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13744-023-01025-5> [in English].
12. Vykorystannia dobyv i pestytsydiv pid urozhai silskohospodarskykh kultur [Use of fertilizers and pesticides for the harvest of agricultural crops]. (2024). URL: <https://stat.gov.ua/uk/datasets/vykorystannya-dobryv-i-pestytsydiv-pid-urozhay-silskohospodarskykh-kultur-0> [in Ukrainian].
13. Agricultural Biologicals Market Size, Share, and Trends 2024 to 2034. (2024). URL: <https://www.precedenceresearch.com/agricultural-biologicals-market> [in English].
14. Biological Control Agents Strategic Report 2022. (2022). URL: https://commodityinsights.spglobal.com/biological_control_agents-2022.html [in English].
15. Biologichnyi metod zakhystu roslyn yak vazhlyvyi instrument perekhodu do orhanichnoho ta ekolohichnoho zemlerobstva: praktyka zastosuvannia i perspektyvy dlya Ukrainy [The biological method of plant protection as an important tool for the transition to organic and ecological agriculture: application practice and prospects for Ukraine]. (2020). URL: http://naas.gov.ua/news/?ELEMENT_ID=6416 [in Ukrainian].
16. Krutiakova, V., Hulych, O. & Yanse, L. (2023). Stan i problemy rynku biologichnykh zasobiv zakhystu

- roslyn v Ukraini [State and problems of the market of biological plant protection products in Ukraine]. *Bulletin of Agricultural Science*, 101, 1, 30–39. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202301-04> [in Ukrainian].
17. Derzhavnyi reestr pestytsydiv i ahrokhimikativ, dozvolenykh do vykorystannia v Ukraini [State register of pesticides and agrochemicals approved for use in Ukraine]. (2024). URL: <https://eco.gov.ua/registers/perelik-pestycidiv-i-agrokhimikativ-dozvolenih-dlya-vikoristannya> [in Ukrainian].
 18. Krutylo, D.V., Nadkernychna, O.V., Sherstoboieva, O.V. & Ushakova, M.A. (2018). Korektsiia ryzobialnykh uhrupovan gruntu za introduktsii *Bradyrhizobium japonicum* riznykh henetychnykh hrup [Correction of soil rhizobial communities by introduction of *Bradyrhizobium japonicum* of different genetic groups]. *Ahroekolohichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 2, 73–81. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2018.157839> [in Ukrainian].
 19. Kots, S.Ya., Vorobey, N.A., Kyrychenko, O.V. et al. (2016). Microbiological preparations for agriculture. *Institute of Plant Physiology and Genetics NAS of Ukraine*. Kyiv: Logos [in English].
 20. Morgun, V.V. & Kots, S.Y. (2018). The role of biological nitrogen in nitrogen nutrition of plants. *Bulletin of the National Academy of Sciences of Ukraine*, 1, 62–74. DOI: <https://doi.org/10.15407/visn2018.01.062> [in English].
 21. Bourak, K., Oulakhir, F.E., Maghnia, F.Z. et al. (2024). A Comprehensive Approach Combining Short-Chain Polyphosphate and Bacterial Biostimulants for Effective Nutrient Solubilization and Enhanced Wheat Growth. *Microorganisms*, 12, 1423. DOI: <https://doi.org/10.3390/microorganisms12071423> [in English].
 22. Sherstoboieva, O.V., Bunas, A.A. & Demianiuk, O.S. (2020). Vplyv poperednykh ta peredposivnoi inokulatsii nasinnia shtamom *Azotobacter vinelandii* 12M na vrozhaunist kukurudzy i aktyvnist protsesu azotifikatsii [Effect of precursors and pre-sowing seed inoculation with *Azotobacter vinelandii* 12M strain on corn yield and nitrogen fixation process activity]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia — Balanced nature using*, 1, 120–128. URL: <http://journals.urau.ua/bnusing/article/view/203941> [in Ukrainian].
 23. Van Lenteren, J.C., Bolckmans, K., Köhl, J. et al. (2018). Biological control using invertebrates and microorganisms: plenty of new opportunities. *BioControl*, 63, 39–59. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10526-017-9801-4> [in English].
 24. Kumar, N. & Khurana, P.S.M. (2021). Trichoderma-plant-pathogen interactions for benefit of agriculture and environment. *Biocontrol Agents and Secondary Metabolites*, 41–63. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822919-4.00003-X> [in English].
 25. El-Sharkawy, H.H.A., Abbas, M.S., Soliman, A.S. et al. (2021). Synergistic effect of growth-promoting microorganisms on bio-control of *Fusarium oxysporum* F. sp. pisi, growth, yield, physiological and anatomical characteristics of pea plants. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 178. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2021.104939> [in English].
 26. Lahlali R., Ezrari S., Radouane N. et al. (2022). Biological Control of Plant Pathogens: A Global Perspective. *Microorganisms*, 10, 596. DOI: <https://doi.org/10.3390/microorganisms10030596> [in English].
 27. Ugur, A., Jouzani, Gh.S., Sansinenea, E. & Sanchis-Borja, V. (2023). Biotechnological advances in *Bacillus thuringiensis* and its toxins: Recent updates. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*, 22 (2), 319–348. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11157-023-09652-5ff> [in English].
 28. Eads, D.A., Jaronski, S.T., Biggins, D.E. & Wimsatt, J. (2021). Insect Pathogenic Fungi for Biocontrol of Plague Vector Fleas: A Review. *Journal of Integrated Pest Management*, 12, 1, 30. DOI: <https://doi.org/10.1093/jipm/pmab028> [in English].
 29. Sherstoboieva, O.V., Kryzhanivskiy, A.B. & Kryzhko, A.V. (2021). Ekolohichni perevahy zastosuvannia mikrobiometodu v intehrovanii systemi zakhystu roslyn [Ecological advantages of using the microbiomethod in the integrated system of plant protection]. *Ahroekolohichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 3, 27–32. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2021.240318> [in Ukrainian].
 30. Yüksel, E., Özdemir, E., Albayrak Delialioğlu, R. & Canhilal, R. (2022). Insecticidal activities of the local entomopathogenic nematodes and cell-free supernatants from their symbiotic bacteria against the larvae of fall webworm, *Hlyphantria cunea*. *Experimental Parasitology*, 242. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.exppara.2022.108380> [in English].
 31. Dhakal, R. & Singh, D.N. (2019). Biopesticides: A Key to Sustainable Agriculture. *Int. J. Pure App. Biosci*, 7 (3), 391–396. DOI: <http://dx.doi.org/10.18782/2320-7051.7034> [in English].
 32. Biorat a natural biological rodenticide against rats and mice. (2024). URL: https://www.ideassonline.org/public/pdf/br_24_18.pdf [in English].

Стаття надійшла до редакції журналу 17.10.2024