

## БІОЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЬ – НЕВІД’ЄМНА СКЛАДОВА СУЧАСНОЇ ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ ЗАХИСТУ АГРОЦЕНОЗІВ СОНЯШНИКУ

ОМЕЛЬЯНЕНКО О.М. – аспірант

[orcid.org/0000-0003-1251-4044](https://orcid.org/0000-0003-1251-4044)

Сумський національний аграрний університет

**Постановка проблеми.** Сільське господарство відіграє ключову роль у забезпеченні продовольчої безпеки, тому підвищення врожайності культур та збереження ґрунтових ресурсів є актуальними завданнями сучасної аграрної науки. Одним із найважливіших викликів, з якими стикаються агрови-робники, є захист сільськогосподарських культур від хвороб, що можуть суттєво знизити якість і кіль-кість врожаю. Традиційні хімічні методи боротьби з патогенами, хоча й залишаються ефективними, нерідко викликають занепокоєння через їхній вплив на навколишнє середовище, біорізноманіття та здоров’я людини. Тому все більшої популярності набувають альтернативні підходи, зокрема інтегро-вані системи захисту, які поєднують використання хімічних, агротехнічних та біологічних засобів.

У статті розглянуто сучасні підходи до захисту сільськогосподарських культур, зокрема соняшника, від хвороб. Досліджено специфіку використання біологічних методів та їх поєднання з традиційними засобами захисту. Розглянуто ключові патогени, що впливають на врожайність культури, та ефектив-ність біоагентів у боротьбі з ними. Особлива увага приділена питанню сумісності біологічних препара-тів із фунгіцидами та можливостям оптимізації тех-нологій захисту рослин.

Результати досліджень свідчать, що біологічний контроль є ефективним доповненням до традицій-них методів захисту рослин, сприяє зниженню еко-логічного навантаження, підвищенню врожайності та забезпеченню сталого розвитку агроecosистем. Подальші дослідження та удосконалення техноло-гій інтегрованого захисту сприятимуть ефективному впровадженню біоконтролю у сучасне сільське гос-подарство.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Сучасне сільське господарство стикається з чис-ленними викликами, серед яких збереження про-дуктивності агроценозів за умов зростаючого антропогенного навантаження та зміни клімату. Вирощування стратегічно важливих культур, таких як соняшник, вимагає впровадження інноваційних технологій захисту від хвороб та шкідників, які вра-ховують екологічні та економічні аспекти. Однією з найбільш перспективних стратегій є біологічний контроль, що ґрунтується на використанні мікроор-ганізмів та/або їх метаболітів як альтернативи хіміч-ним пестицидам.

Соняшник є однією з основних олійних культур світу, поряд із соєю, пальмою та ріпаком [1]. Куль-тура поширена на всіх континентах земної кулі, за даними ФАО, світова площа його посівів станом

на 2022 рік становила понад 28,75 млн. га з яких 7,1 млн. га або 25% від загальної площі у світі при-падає на Україну. Також, на великих площах його висівають в Аргентині, США, Китаї, Румунії, Туреч-чині, Франції та багатьох інших держав [2]. Сьогодні зростає зацікавленість у вирощуванні соняшнику через підвищення глобального та регіонального ринкового попиту. Великі прибутки від вирощування цієї культури є найважливішою рушійною силою для фермерів та компаній, про що свідчать прогнози темпів зростання доходів від виробництва харчової олії на рівні 7,68% до 2027 року [3].

В Україні соняшник займає провідне місце у структурі вирощування сільськогосподарських олійних культур [4, 5]. Його вирощування та пере-робка є важливими складовими агропромислового сектора економіки, тому за останнє десятиріччя площа під вирощування соняшнику в Україні збіль-шилася на 56% [6].

Середня врожайність соняшнику в Україні поки що не висока і становить 1,9–2,0 т/га [4]. Найвища вона в господарствах, де соняшник вирощують за прогресивною технологією – 3,5 т/га і більше, а за умов зрошення – 3,8–4,0 т/га [7].

Сьогодні збільшення валових зборів насіння соняшнику досягається, в основному, за рахунок роз-ширення посівних площ культури, що в свою чергу призводить до деградації ґрунтів та поширення хво-роб і шкідників в соняшникових агроценозах.

Хвороби є одним із найважливіших факторів, що впливають на урожайність та якість продукції соняшнику. Всього налічується більше 30 патоген-них мікроорганізмів, які уражують соняшник. Для України найбільш поширеними є такі хвороби, як біла гниль (*Sclerotinia sclerotiorum*) [7, 8], сіра гниль (*Botrytis cinerea*) [8, 9, 10], переноспороз (*Plasmopara halstedii*) [11, 12], фомоз (*Phoma macdonaldii*) [13, 14], фомопсис (*Diaporthe helianthi*) [15, 16], іржа (*Puccinia helianthi*) [17], та інші. В середньому недобір врожаю від цих захворювань може сягати 30–50 %, а в роки епіфітотії – перевищувати 70 %.

Використання синтетичних пестицидів стало невід’ємною частиною сільського господарства. З моменту відкриття першого синтетичного фунгі-циду фенілртути ацетат у 1913 році, впродовж остан-нього століття було розроблено понад 110 нових фунгіцидів, що дозволило збільшити виробництво продуктів харчування на суму 12,8 мільярдів доларів США щорічно [16, 18]. Однак їх широке викорис-тання зіткнулося з двома основними проблемами. По-перше, висловлено занепокоєння щодо залиш-кових ефектів і токсичності, які впливають на навко-

лише середовище та здоров'я людини. Наприклад, фунгіциди та інші типи пестицидів нещодавно пов'язали з раком, респіраторними захворюваннями та захворюваннями гормонального дисбалансу, що залежить від рівня впливу [18, 19, 20]. Керуючись думкою споживачів, які сприймають пестициди як загрозу, і величезною кількістю досліджень, що підтверджують цю точку зору, регулятори схвалили закони, які забороняють або обмежують їх використання шляхом встановлення нижчих максимально допустимих залишків (maximum residue limits, MRL) [21]. У Європейському Союзі програма перегляду MRL була впроваджена відповідно до Регламенту 396/2005 з метою обмеження використання синтетичних пестицидів. По-друге, знизилася ефективність фунгіцидів через появу резистентних патогенів, а відкриття нових видів фунгіцидів стало складнішим і дорожчим. Так вартість розробки одного нового активного інгредієнта зросла з 195 мільйонів доларів США у 1995 році до 286 мільйонів доларів США в 2016 році [20, 21].

У зв'язку із збільшенням даних про негативні побічні ефекти надмірного використання пестицидів було впроваджено інтегровану систему боротьби із фітопатогенами. Вона характеризується поєднанням різних стратегій боротьби з хворобами рослин, враховуючи врожайність, прибуток і безпеку, як представлено Продовольчою та сільськогосподарською організацією Об'єднаних Націй (FAO) [15, 19]. Особлива увага приділяється профілактиці інфекції та розгляду всіх доступних засобів боротьби з хворобами рослин, враховуючи їх економічну вигоду та токсичність. У зв'язку з цим біоконтроль був запропонований як альтернатива звичайним пестицидам [12, 18].

У вузькому розумінні біологічний контроль – це використання живого організму для боротьби зі специфічним патогеном рослин або шкідником через паразитизм, антибіоз або конкуренцію за поживні речовини чи простір [4]. Ширший термін включає застосування живих організмів та їх похідних для боротьби з хворобами та шкідниками рослин, не лише через прямий антагоністичний вплив на патогенів рослин та шкідників, але й опосередковано через індуктори резистентності, які активують захисні механізми рослин і також визначаються як агенти біоконтролю [5, 6]. Одним з прикладів індукторів резистентності є хітозан, і його похідні, такі як хітоолігосахариди, що містяться в стінках клітин грибів відділу *Zygomycota*. Потенціал цих речовин змусив дослідників розробити хімічні аналоги з подібними характеристиками або відмінними від відомих природних індукторів імунітету рослин [8, 19].

Фунгіциди розроблені для боротьби з фітопатогенними грибами спрямовані на різні компоненти або механізми їх клітин, включаючи дихання, метаболізм нуклеїнових кислот, цілісність клітинної мембрани, синтез білків, передачу сигналів та клітинний мітоз [6]. Однак деякі фунгіциди виконують ці дії не розрізняючи шкідливих патогенів і нецільових організмів, таких як корисні мікроорганізми ґрунту та селекціоновані у лабораторіях біоагенти, впливаючи на чисельність їхньої популяції та роблячи впровадження біоконтролю неефективним. Тому

знання про сумісність фунгіцидів з біопрепаратами на основі корисних мікроорганізмів та їх метаболітів є вирішальним для того, щоб дозволити їх комплексне застосування [2, 11, 20].

**Метою статті** було провести аналіз результатів сучасних досліджень вітчизняних та світових науковців щодо ефективності застосування біологічних і хімічних засобів захисту сільськогосподарських культур, у тому числі соняшнику, від збудників захворювань.

**Результати досліджень.** Сьогодні в Україні та Світі активно досліджують ефективність як окремого так і сумісного застосування існуючих фунгіцидів та біоагентів мікробних препаратів направлених на захист від фітопатогенів.

А. А. Esawy та ін. впродовж 2019–2020 рр. дослідили застосування п'яти засобів біоконтролю (*B. subtilis*, *B. pumilus*, *T. harzianum*, *T. viride* та *T. koningii*) для боротьби з борошнистою росою рослин соняшнику в польових умовах порівняно з фунгіцидом Вектра 10% SC та контролем. Результати досліджень показують значну ефективність біоагентів щодо розвитку захворювання. Найкращим серед досліджуваних варіантів виявився препарат на основі *T. koningii* у якому розвиток захворювання борошнистою росою становив по роках – 18–20%, при показниках у контролі – 85–92%. За використання Вектра 10% SC розвиток захворювання становив – 10–12%. Обробка рослин соняшнику *T. koningii* та хімічним фунгіцидом майже на рівні забезпечила достовірне збільшення врожайності культури на 0,41 т/га та 0,49 т/га, вмісту олії – на 11,5% та 12,7%, маси 1000 насінин – на 12,5 г та 18,3 г відповідно, порівняно з контролем [22].

Співробітниками Інституту захисту рослин НААН України досліджено вплив комплексного застосування біологічних і хімічних препаратів у системі захисту картоплі від хвороб. Встановлено, що застосування біологічних препаратів Фітоцид, Азотобактерин, Серенада, створених на основі живих клітин мікроорганізмів, окремо та в сумішах з хімічними препаратами (Інфініто 61 SC, Ридоміл Голд МЦ 68 WG, Еместо Квантум 273,5 FS, Селест Топ 312,5 FS) в технологіях захисту картоплі, забезпечило їхню високу ефективність. Пригнічення розвитку домінуючих хвороб – альтернаріозу та фітофторозу протягом вегетації було на рівні 45% і 51%, підвищення врожайності – у середньому на 13 т/га порівняно з контролем і на 2 т/га – порівняно з хімічними препаратами, товарності бульб – на 18% порівняно з контролем. Суміші біологічних препаратів з фунгіцидами зі зменшеними на 20% і 25% нормами витрати забезпечили ефективність заходів на рівні фунгіцидів з повними нормами витрати та дозволили скоротити на 1–2 кількість обробок [13, 15].

Р. Л. Conrado із співав. [23] дослідили *in vitro* сумісність чотирьох видів грибів роду *Trichoderma* з трьома фунгіцидами та їх антагоністичну активність проти *Fusarium solani*. Найвищий рівень антагонізму проти *F. solani* продемонстрував *T. asperellum* в обробленому фунгіцидами культуральному середовищі PDA, причому фунгіциди Каптан

і Манкоцеб у концентраціях 450, 900 і 1350 мг/л показали найбільшу сумісність. *T. harzianum* досяг другого найвищого значення, продемонструвавши високий потенціал антагонізму проти *F. solani* з досліджуваними фунгіцидами у трьох оцінюваних концентраціях. За цим слідував *T. hamatum*, який продемонстрував ефективність у концентраціях 450 та 900 мг/л. *T. koningiopsis* продемонстрував середній потенціал антагонізму, пригнічуючи ріст *F. solani* на 60–75% з фунгіцидами Каптан і Манкоцеб у трьох концентраціях, оцінених у цьому дослідженні. Використання штамів *Trichoderma* разом із фунгіцидом хлороталонілом у дозах 450, 900 та 1350 мг/л у культуральному середовищі PDA показало несумісність та низький рівень антагонізму, на що вказує менш ніж 59% інгібування проти *F. solani*. При цьому фітопатоген продемонстрував кращий розвиток та адаптацію, ніж штам *Trichoderma*, у присутності фунгіциду хлороталонілу в усіх досліджуваних концентраціях.

Дослідники кафедри патології рослин Університету сільськогосподарських наук, Бенгалуру, Індія, порівняли ефективність мікробних біоагентів контролю з фунгіцидами проти збудника альтернаріозу сояшника [6, 16]. У досліді використовували різні штам *Trichoderma viride*, *T. harzianum* та бактерій (*Pseudomonas fluorescens* і *Bacillus subtilis*), ефективність яких проти *Alternaria helianthi* визначали методом подвійної культури. Серед фунгіцидів у досліді застосовували: манкоцеб, іпродіон+карбендазім, пропіконазол, хлороталоніл, гексаконазол і дифеноконазол, а ефективність оцінювали *in vitro* відмічаючи відсоток пригнічення росту патогена на поживному середовищі. Серед агентів біоконтролю максимальне пригнічення радіального росту *A. helianthi* спостерігався за використанням двох штамів *T. viride* – 85,3% – 79,3% і *T. harzianum* – 76,4%. Серед фунгіцидів, які максимально пригнічували ріст міцелію *A. helianthi* були: пропіконазол – 90,4%, манкоцеб – 90,4% та іпродіон+карбендазім – 89,7%. У польових умовах серед біоагентів найефективнішим виявився варіант із застосуванням штаму *Trichoderma viride* T1, де ступінь ураження рослин сояшника патогеном *A. helianthi* становило – 23%, при показниках у контролі – 46%. За використання хімічних засобів найефективнішим виявився пропіконазол, у цьому варіанті ступінь ураження патогеном становив – 9,8%.

G. T. Dinkwar та ін. дослідили сумісність фунгіцидів із п'ятьма ізолятами грибів роду *Trichoderma*. За результатами досліджень встановлено, що ізоляти мікроміцету добре сумісні з наступними контактними, системними та комбінованими фунгіцидами: Imbrex (Fluxarugrohad EC), Curzate M8 (Cymoxanil 8%+ Mancozeb 64% WP), Vitavax (Carboxin 37.5% + Thiram 37.5% DS) і Seedkot (Thiram 75% WS); помірно сумісні з Amistar top (Azoxystrobin 18.2% + Difenoconazole 11.4% SC) і Headline (Pyraclostrobin 20% WG). Найменшу сумісність ізоляти грибів роду *Trichoderma* мали з Nativio (Tebuconazole 50% + Trifloxystrobin 25% WG), Taqat (Captan 70%+ Hexaconazole 5% WP), Folicur (Tebuconazole 25.9%

EC), та Saaf (Carbendazim 12% + Mancozeb 63% WP) [3, 19, 21].

Науковцями Індонезійського науково-дослідного інституту зернових культур, Південний Сулавесі, Індонезія, досліджено сумісність засобів біоконтролю та синтетичних фунгіцидів у боротьбі зі збудником опіку кукурудзи (*Bipolaris maydis*). Використовували п'ять типів синтетичних діючих речовин: дифеноконазол, пропінеп, флуопіколід, металаксил і диметоморф та біофунгіцид на основі *Bacillus subtilis*. Результати досліджень показали, що всі перевірені синтетичні фунгіциди були сумісні з агентом біологічного контролю. Фунгіцид із діючою речовиною дифеноконазол виявився найбільш сумісним із *Bacillus subtilis*, демонструючи найнижче значення тяжкості захворювання – 27%, тоді як у контрольному варіанті без застосування біоагенту ступінь ураження становив – 72% [9, 11].

**Висновки.** На основі проведеного аналізу сучасних досліджень, можна зробити висновок, що біологічний контроль є ефективним доповненням до традиційних хімічних методів захисту рослин. Використання біоагентів, таких як *Trichoderma*, *Bacillus* та інші, забезпечує не лише значне зменшення рівня розвитку хвороб, але й підвищення врожайності, якості продукції та зниження екологічного навантаження. Однак для досягнення максимального ефекту важливо враховувати сумісність біологічних і хімічних препаратів, а також розробляти технології їх спільного використання. Подальші дослідження у цій сфері є необхідними для впровадження сталих систем захисту агроценозів сільськогосподарських культур, зокрема сояшнику.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Adeleke B. S., Babalola O. O. Oilseed crop sunflower (*Helianthus annuus*) as a source of food: Nutritional and health benefits. *Food Science and Nutrition*. 2020. Vol. 8. P. 4666–4684. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1783>
2. ТОП-10 країн виробників сояшнику у 2021/22 МР. *Latifundist Media*. 2022. URL: <http://https://latifundist.com/rating/top-10-krayin-virobnikiv-sonyashniku-2021-22mr>
3. Gunacti H. Sunflower diseases and downy mildew (*Plasmopara halstedii*) in Adana. *Journal of Plant Sciences and Phytopathology*. 2023. Vol. 7. P. 66–68. <https://doi.org/10.29328/journal.jpsp.1001107>
4. Офіційний сайт Державного комітету статистики України: URL: <http://ukrstat.gov.ua>
5. Пастернак О. Перспективи ринку ріпаку і сояшнику. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2011. № 3. С. 40–44.
6. Кононюк В. А. Сояшник – провідна культура АПК України. *Агровісник*. 2007. № 1. С. 47–50.
7. Марков І. Л. Гнилі сояшнику та заходи щодо обмеження їх шкідливості. *Агроном*. 2012. № 4. С. 76–83.
8. Ретьман С., Базикіна Н. Біла гниль сояшнику. Карантин і захист рослин. 2019. № 1-2. С. 25–28.
9. Mercier A., Carpentier F., Duplaix C., Auger A., Pradier J., Viaud M., Gladieux P., Walker A.-S. The polyphagous plant pathogenic fungus *Botrytis cinerea* encompasses host-specialized and generalist populations.

*Environmental Microbiology*. 2019. Vol. 21. P. 4808–4821. <https://doi.org/10.1111/1462-2920.14829>

10. Поспелов С. В., Поспелова Г. Д., Нечипоренко Н. І., Міщенко О. В., Черняк О. О., Скляр С. С., Іванічко О. В. Аналіз фітопатогенного стану посівів соняшнику в період вегетації за різних агрокліматичних умов. *Вісник ПДАА*, 2021. № 4. С. 133–141.

11. Gulya T., Harveson R., Mathew F., Block C., Thompson S., Kandel H., Berglund D., Sandbakken J., Kleingartner L., Markell S. Comprehensive disease survey of U.S. sunflower: Disease trends, research priorities, and unanticipated impacts. *Plant Disease*. 2019. Vol. 103. P. 601–618. <https://doi.org/10.1094/PDIS-06-18-0980-FE>

12. Picard C., Afonso T., Benko-Beloglavec A., Karadjova O., Matthews-Berry S., Paunovic S. A., Pietsch M., Reed P., Gaag D. J., Ward M. Recommended regulated non-quarantine pests (RNQPs), associated thresholds and risk management measures in the European and Mediterranean region. *EPPO Bulletin*, 2018. Vol. 48. P. 552–568. <https://doi.org/10.1111/epp.12500>

13. Балан Г. О., Ткачик С. О. Ідентифікаційна оцінка патогенної мікобіоти селекційних зразків соняшнику однорічного в умовах Причорноморського Степу України. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2020. Вип. 28. С. 182–194.

14. Bennett M. M., Ponder J., Garcia-Diaz J. *Phoma* infections: Classification, potential food sources, and their clinical impact. *Microorganisms*. 2018. Vol. 6. 58 p. <https://doi.org/10.3390/microorganisms6030058>

15. Сиводед Є. В., Кирик М. М., Колесніченко О. В., Мельник В. І. Особливості біології гриба *Phomopsis helianthi* М. та патогенезу фомопсису соняшника. *Біоресурси та природокористування*. 2018. 10. № 3–4. С. 41–48.

16. Третьякова С. О., Сержук О. П., Єремеева О. А., Терещенко Ю. Ф. Вплив фомопсису на формування рівня врожайності насіння гібридів соняшнику. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2020. Вип. 28. С. 147–155.

17. Ретьман С. В., Базикіна Н. Г. Іржа соняшника. *Карантин і захист рослин*. 2018. № 1–2. С. 1–2.

18. Piel C., Pouchieu C., Carles C., Béziat B., Boulanger M., Bureau M., Busson A., Grüber A., Lecluse Y., Migault L. Agricultural exposures to carbamate herbicides and fungicides and central nervous system tumour incidence in the cohort AGRICAN. *Environment International*, 2019. 130 p. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.05.070>

19. Hoppin J. A., Umbach D. M., Long S., London S. J., Henneberger P. K., Blair A., Alavanja M., Freeman L. E. B., Sandler D. P. Pesticides are associated with allergic and non-allergic wheeze among male farmers. *Environmental Health Perspectives*. 2017. Vol. 125. P. 535–543. <https://doi.org/10.1289/EHP315>

20. Juntarawijit C., Juntarawijit Y. Association between diabetes and pesticides: A case-control study among Thai farmers. *Environmental Health and Preventive Medicine*. 2018. 23. P. 1–10. <https://doi.org/10.1186/s12199-018-0692-5>

21. Kim K., Kabir E., Ara S. Exposure to pesticides and the associated human health effects. *Science of the Total Environment*. 2017. Vol. 575. P. 525–535.

22. Esawy A. A., Elsharkawy M. M., Omara R. I. Biological control of *Golovinomyces cichoracearum*, the

causal pathogen of sunflower powdery mildew. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*. 2021. Vol. 31. 133 p.

23. Parraguirre Lezama C., Romero-Arenas O., Valencia de Ita M. D. L. A., Rivera A., Sangerman Jarquín D. M., Huerta-Lara M. In vitro study of the compatibility of four species of *Trichoderma* with three fungicides and their antagonistic activity against *Fusarium solani*. *Horticulturae*. 2023. Vol. 9. 905 p. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9080905>

## REFERENCES:

1. Adeleke B.S., Babalola O.O. (2020). Oilseed crop sunflower (*Helianthus annuus*) as a source of food: Nutritional and health benefits. *Food Science and Nutrition*, 8, 4666–4684. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1783>

2. (2022). TOP-10 krain vyrobnykiv soniashnyku u 2021/22 MR [TOP 10 sunflower producing countries in 2021/22 MY]. *Latifundist Media*. URL: <https://latifundist.com/rating/top-10-krayin-virobnikiv-sonyashnyku-2021-22-mr> [in Ukrainian].

3. Gunacti H. (2023). Sunflower diseases and downy mildew (*Plasmopara halstedii*) in Adana. *Journal of Plant Sciences and Phytopathology*, 7, 66–68. <https://doi.org/10.29328/journal.jpssp.1001107>

4. (2025). Ofitsiyni sait Derzhavnoho komitetu statystyky Ukrainy. [Official website of the State Statistics Committee of Ukraine]. URL: <http://ukrstat.gov.ua> [in Ukrainian].

5. Pasternak O. (2011). *Perspektyvy rynku ripaku i soniashnyku* [Prospects for the rapeseed and sunflower market. Bulletin of Khmelnytskyi National University]. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu*, 3, 40–44 [in Ukrainian].

6. Kononiuk V.A. (2007). *Soniashnyk – providna kultra APK Ukrainy* [Sunflower is the leading crop of Ukraine's agricultural industry]. *Ahrovisnyk*, 1, 47–50 [in Ukrainian].

7. Markov I.L. (2012). *Hnyli soniashnyku ta zakhody shchodo obmezhennia yikh shkidlyvosti* [Sunflower rot and measures to limit its harmfulness]. *Ahronom*, 4, 76–83 [in Ukrainian].

8. Retman S., Bazykina N. (2019). *Bila hnyl soniashnyku* [Sunflower white rot]. *Karantyn i zakhyst roslyn*, 1-2, 25–28 [in Ukrainian].

9. Mercier A., Carpentier F., Duplaix C., Auger A., Pradier J., Viaud M., Gladieux P., Walker A.-S. (2019). The polyphagous plant pathogenic fungus *Botrytis cinerea* encompasses host-specialized and generalist populations. *Environmental Microbiology*, 21, 4808–4821. <https://doi.org/10.1111/1462-2920.14829>

10. Pospelov S.V., Pospelova H.D., Nechiporenko N.I., Mishchenko O.V., Cherniak O.O., Skliar S.S., Ivanichko O.V. (2021). *Analiz fitopatohennoho stanu posiviv soniashnyku v period vehetatsii za riznykh ahroklimatychnykh umov* [Analysis of the phytopathogenic state of sunflower crops during the growing season under different agroclimatic conditions]. *Visnyk PDAA*, 4, 133–141 [in Ukrainian].

11. Gulya T., Harveson R., Mathew F., Block C., Thompson S., Kandel H., Berglund D., Sandbakken J., Kleingartner L., Markell S. (2019). Comprehensive disease survey of U.S. sunflower: Disease trends, research priorities, and unanticipated impacts. *Plant Disease*, 103, 601–618. <https://doi.org/10.1094/PDIS-06-18-0980-FE>

12. Picard C., Afonso T., Benko-Beloglavec A., Karadjova O., Matthews-Berry S., Paunovic S.T.A., Pietsch M., Reed P., Gaag D. J., Ward M. (2018). Recommended regulated non-quarantine pests (RNQPs), associated thresholds and risk management measures in the European and Mediterranean region. *EPPO Bulletin*, 48, 552–568. <https://doi.org/10.1111/epp.12500>

13. Balan H.O., Tkachyk S.O. (2020). *Identyfikatsiina otsinka patohennoi mikrobioty selektsiinykh zrazkiv soniashnyku odnorichnoho v umovakh Prychornomorskoho Stepu Ukrainy* [Identification assessment of pathogenic mycobiota of annual sunflower breeding samples in the Black Sea Steppe of Ukraine]. *Naukovi pratsi Instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovyykh buriakiv*, 28, 182–194 [in Ukrainian].

14. Bennett M.M., Ponder J., Garcia-Diaz J. (2018). *Phoma* infections: Classification, potential food sources, and their clinical impact. *Microorganisms*, 6, p. <https://doi.org/10.3390/microorganisms6030058>

15. Syvoded Ye.V., Kyryk M.M., Kolesnichenko O.V., Melnyk V.I. (2018). *Osoblyvosti biolohii hryba Phomopsis helianthi M. ta patohenezu fomopsysu soniashnyka* [Features of the biology of the fungus *Phomopsis helianthi* M. and the pathogenesis of *Phomopsis helianthi* on sunflower]. *Bioresursy ta pryrodokorystuvannia*, 10(3–4), 41–48 [in Ukrainian].

16. Tretiakova S.O., Serzhuk O.P., Yereimeieva O.A., Tereshchenko Yu.F. (2020). *Vplyv fomopsysu na formuvannia rivnia vrozhaivosti nasinnia hibrydiv soniashnyku* [The influence of *Phomopsis* on the formation of the yield level of sunflower hybrid seeds]. *Naukovi pratsi Instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovyykh buriakiv*, 28, 147–155 [in Ukrainian].

17. Retman S.V., Bazykina N.H. (2018). *Irzha soniashnyka* [Sunflower rust]. *Karantyn i zakhyst roslyn*, 1(2), 1–2 [in Ukrainian].

18. Piel C., Pouchieu C., Carles C., Béziat B., Boulanger M., Bureau M., Busson A., Grüber A., Lecluse Y., Migault L. (2019). Agricultural exposures to carbamate herbicides and fungicides and central nervous system tumour incidence in the cohort AGRICAN. *Environment International*, 130, <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.05.070>

19. Hoppin J.A., Umbach D.M., Long S., London S.J., Henneberger P.K., Blair A., Alavanja M., Freeman L.E.B., Sandler D.P. (2017). Pesticides are associated with allergic and non-allergic wheeze among male farmers. *Environmental Health Perspectives*, 125, 535–543. <https://doi.org/10.1289/EHP315>

20. Juntarawijit C., Juntarawijit Y. (2018). Association between diabetes and pesticides: A case-control study among Thai farmers. *Environmental Health and Preventive Medicine*, 23, 1–10. <https://doi.org/10.1186/s12199-018-0692-5>

21. Kim K., Kabir E., Ara S. (2017). Exposure to pesticides and the associated human health effects. *Science of the Total Environment*, 575, 525–535.

22. Esawy A.A., Elsharkawy M.M., Omara R.I. (2021). Biological control of *Golovinomyces cichoracearum*, the causal pathogen of sunflower powdery mildew. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 31, 133.

23. Parraguirre Lezama C., Romero-Arenas O., Valencia de Ita M.D.L.A., Rivera A., Sangerman Jarquín D.M., Huerta-Lara M. (2023). In vitro study of the

compatibility of four species of *Trichoderma* with three fungicides and their antagonistic activity against *Fusarium solani*. *Horticulturae*, 9, 905. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9080905>

**Омельяненко О.М. Біологічний контроль – невід’ємна складова сучасної інтегрованої системи захисту агроценозів соняшнику**

**Метою статті** було провести аналіз результатів сучасних досліджень вітчизняних та світових науковців щодо ефективності застосування біологічних і хімічних засобів захисту сільськогосподарських культур, у тому числі соняшнику, від збудників захворювань.

**Результати.** Результати досліджень показують значну ефективність біоагентів щодо розвитку захворювання. Найкращим серед досліджуваних варіантів виявився препарат на основі *T. koningii* у якому розвиток захворювання борошнистою россою становив по роках – 18–20%, при показниках у контролі – 85–92%. За використання Вектра 10% SC розвиток захворювання становив – 10–12%. Обробка рослин соняшнику *T. koningii* та хімічним фунгіцидом майже на рівні забезпечила достовірне збільшення врожайності культури на 0,41 т/га та 0,49 т/га, вмісту олії – на 11,5% та 12,7%, маси 1000 насінин – на 12,5 г та 18,3 г відповідно, порівняно з контролем.

Досліджено вплив комплексного застосування біологічних і хімічних препаратів у системі захисту картоплі від хвороб. Встановлено, що застосування біологічних препаратів Фітоцид, Азотобактерин, Серенада, створених на основі живих клітин мікроорганізмів, окремо та в сумішах з хімічними препаратами (Інфініто 61 SC, Ридоміл Голд МЦ 68 WG, Еместо Квантум 273,5 FS, Селест Топ 312,5 FS) в технологіях захисту картоплі, забезпечило їхню високу ефективність. Пригнічення розвитку домінуючих хвороб – альтернаріозу та фітофторозу протягом вегетації було на рівні 45% і 51%, підвищення врожайності – у середньому на 13 т/га порівняно з контролем і на 2 т/га – порівняно з хімічними препаратами, товарності бульб – на 18% порівняно з контролем. Суміші біологічних препаратів з фунгіцидами зі зменшеними на 20% і 25% нормами витрати забезпечили ефективність заходів на рівні фунгіцидів з повними нормами витрати та дозволили скоротити на 1–2 кількість обробок.

Дослідники кафедри патології рослин Університету сільськогосподарських наук, Бенгалуру, Індія, порівняли ефективність мікробних біоагентів контролю з фунгіцидами проти збудника альтернаріозу соняшника. У досліді використовували різні штами грибів (*Trichoderma viride*, *T. harzianum*) та бактерій (*Pseudomonas fluorescens* і *Bacillus subtilis*), ефективність яких проти *Alternaria helianthi* визначали методом подвійної культури. Серед фунгіцидів у досліді застосовували: манкоцеб, іпродіон+карбендазим, пропіконазол, хлороталоніл, гексаконазол і дифеноконазол, а ефективність оцінювали in vitro відмічаючи відсоток пригнічення росту патогена на поживному середовищі. Серед агентів біоконтролю максимальне пригнічення радіального росту *A. helianthi* спостерігався за використання двох штамів *T. viride* – 85,3% – 79,3% і *T. harzianum* – 76,4%. Серед фунгіцидів, які максимально пригнічували ріст міцелію *A. helianthi* були: пропіконазол – 90,4%, манкоцеб – 90,4% та іпродіон+карбендазим – 89,7%. У польових умо-

вах серед біоагентів найефективнішим виявився варіант із застосуванням штаму *Trichoderma viride* T1, де ступінь ураження рослин соняшника патогеном *A. helianthi* становило – 23%, при показниках у контролі – 46%. За використання хімічних засобів найефективнішим виявився пропіконазол, у цьому варіанті ступінь ураження патогеном становив – 9,8%.

G. T. Dinkwar та ін. дослідили сумісність фунгіцидів із п'ятьма ізолятами грибів роду *Trichoderma*. За результатами досліджень встановлено, що ізоляти мікроміцету добре сумісні з наступними контактними, системними та комбінованими фунгіцидами: Imbrex (Fluxapyroxad EC), Curzate M8 (Cymoxanil 8%+ Mancozeb 64% WP), Vitavax (Carboxin 37.5% + Thiram 37.5% DS) і Seedkot (Thiram 75% WS); помірно сумісні з Amistar top (Azoxystrobin 18.2% + Difenconazole 11.4% SC) і Headline (Pyraclostrobin 20% WG). Найменшу сумісність ізоляти грибів роду *Trichoderma* мали з Nativo (Tebuconazole 50% + Trifloxystrobin 25% WG), Taqat (Captan 70%+ Hexaconazole 5% WP), Folicur (Tebuconazole 25.9% EC), та Saaf (Carbendazim 12% + Mancozeb 63% WP).

Науковцями Індонезійського науково-дослідного інституту зернових культур, Південний Сулавесі, Індонезія, досліджено сумісність засобів біоконтролю та синтетичних фунгіцидів у боротьбі зі збудником опіку кукурудзи (*Bipolaris maydis*). Використовували п'ять типів синтетичних діючих речовин: дифеноконазол, пропінеп, флуопіколід, металаксил і диметоморф та біофунгіцид на основі *Bacillus subtilis*. Результати досліджень показали, що всі перевірені синтетичні фунгіциди були сумісні з агентом біологічного контролю. Фунгіцид із діючою речовиною дифеноконазол виявився найбільш сумісним із *Bacillus subtilis*, демонструючи найнижче значення тяжкості захворювання – 27%, тоді як у контрольному варіанті без застосування біоагенту ступінь ураження становив – 72%.

**Висновки.** На основі проведеного аналізу сучасних досліджень, можна зробити висновок, що біологічний контроль є ефективним доповненням до традиційних хімічних методів захисту рослин. Використання біоагентів, таких як *Trichoderma*, *Bacillus* та інші, забезпечує не лише значне зменшення рівня розвитку хвороб, але й підвищення врожайності, якості продукції та зниження екологічного навантаження. Однак для досягнення максимального ефекту важливо враховувати сумісність біологічних і хімічних препаратів, а також розробляти технології їх спільного використання. Подальші дослідження у цій сфері є необхідними для впровадження сталих систем захисту агроценозів сільськогосподарських культур, зокрема соняшнику.

**Ключові слова:** біологічний контроль, інтегрований захист, соняшник, біоагенти мікробних препаратів, пестициди.

**Omelyanenko O.M. Biological control is an integral part of a modern integrated system for protecting sunflower agroecosystems**

**The purpose** of the article was to analyze the results of contemporary research by domestic and international scientists on the effectiveness of using biological and chemical plant protection products for agricultural crops, including sunflowers, against pathogens.

**Results.** The results of the research show significant effectiveness of bioagents in terms of disease

development. The best among the studied options was the preparation based on *T. koningii*, in which the development of powdery mildew disease was 18-20% over the years, with indicators in the control being 85-92%. When using Vectra 10% SC, the development of the disease was 10-12%. Treatment of sunflower plants with *T. koningii* and a chemical fungicide almost on par provided a significant increase in crop yield by 0.41 t/ha and 0.49 t/ha, oil content by 11.5% and 12.7%, and the weight of 1000 seeds by 12.5 g and 18.3 g, respectively, compared to the control. The effect of the complex application of biological and chemical preparations in the potato protection system against diseases has been studied. It was found that the use of biological preparations Phytocid, Azotobacterin, and Serenade, created on the basis of living cells of microorganisms, separately and in mixtures with chemical preparations (Infinito 61 SC, Ridomil Gold MC 68 WG, Emesto Quantum 273.5 FS, Celest Top 312.5 FS) in potato protection technologies ensured their high efficiency. The suppression of the development of dominant diseases – alternariosis and phytophthora during the vegetation period was at the level of 45% and 51%, the increase in yield – on average by 13 t/ha compared to the control and by 2 t/ha – compared to chemical preparations, the marketability of tubers – by 18% compared to the control. Mixtures of biological preparations with fungicides with reduced consumption rates by 20% and 25% provided the effectiveness of measures at the level of fungicides with full consumption rates and allowed reducing the number of treatments by 1-2. Researchers from the Department of Plant Pathology, University of Agricultural Sciences, Bangalore, India, compared the effectiveness of microbial biocontrol agents with fungicides against the sunflower alternariosis pathogen. The study used various strains of fungi (*Trichoderma viride*, *T. harzianum*) and bacteria (*Pseudomonas fluorescens* and *Bacillus subtilis*), the effectiveness of which against *Alternaria helianthi* was determined by the double culture method. Among the fungicides used in the study were: mancozeb, iprodione+carbendazim, propiconazole, chlorothalonil, hexaconazole, and difenoconazole, and the effectiveness was evaluated in vitro by noting the percentage of pathogen growth inhibition on the nutrient medium. Among the biocontrol agents, the maximum inhibition of the radial growth of *A. helianthi* was observed when using two strains of *T. viride* – 85.3% – 79.3% and *T. harzianum* – 76.4%. Among the fungicides that maximally suppressed the growth of the mycelium of *A. helianthi* were: propiconazole – 90.4%, mancozeb – 90.4% and iprodione+carbendazim – 89.7%. In field conditions, the most effective among the bioagents was the variant with the use of the *Trichoderma viride* T1 strain, where the degree of damage to sunflower plants by the *A. helianthi* pathogen was 23%, with indicators in the control being 46%. When using chemical agents, propiconazole proved to be the most effective, in this variant, the degree of pathogen damage was 9.8%. G. T. Dinkwar et al. investigated the compatibility of fungicides with five isolates of fungi of the genus *Trichoderma*. According to the research results, it was found that the micromycete isolates are well compatible with the following contact, systemic, and combined fungicides: Imbrex (Fluxapyroxad EC), Curzate M8 (Cymoxanil 8%+ Mancozeb 64% WP), Vitavax (Carboxin 37.5% + Thiram 37.5% DS) and Seedkot (Thiram 75% WS); moderately compatible with Amistar top (Azoxystrobin 18.2% + Difenconazole 11.4% SC)

and Headline (Pyraclostrobin 20% WG). The isolates of fungi of the genus *Trichoderma* had the least compatibility with Nativo (Tebuconazole 50% + Trifloxystrobin 25% WG), Taqat (Captan 70%+ Hexaconazole 5% WP), Folicur (Tebuconazole 25.9% EC), and Saaf (Carbendazim 12% + Mancozeb 63% WP). Scientists of the Indonesian Research Institute for Food Crops, South Sulawesi, Indonesia, investigated the compatibility of biocontrol agents and synthetic fungicides in combating the corn blight pathogen (*Bipolaris maydis*). Five types of synthetic active substances were used: difenoconazole, propineb, fluopicolid, metalaxyl, and dimethomorph, and a biofungicide based on *Bacillus subtilis*. The research results showed that all tested synthetic fungicides were compatible with the biological control agent. The fungicide with the active substance difenoconazole proved to be the most compatible with *Bacillus subtilis*, demonstrating the lowest disease severity value – 27%, while in the control variant with-

out the use of the bioagent, the degree of damage was 72%.

**Conclusions.** Based on the analysis of contemporary research, it can be concluded that biological control is an effective addition to traditional chemical plant protection methods. The use of bioagents such as *Trichoderma*, *Bacillus*, and others provides not only a significant reduction in the level of disease development but also an increase in yield, product quality, and a reduction in environmental load. However, to achieve maximum effect, it is important to consider the compatibility of biological and chemical preparations, as well as to develop technologies for their joint use. Further research in this area is necessary for the implementation of sustainable protection systems for agricultural crop agrobiocenoses, in particular sunflowers.

**Key words:** biological control, integrated protection, sunflower, microbial preparation bioagents, pesticides.