

УДК 633:11:631.53.04
DOI:10.37128/2707-5826-2026-4-4
ВПЛИВ СИСТЕМ
УДОБРЕННЯ ТА
БІОЗАХИСТУ НА РОЗВИТОК
АЛЬТЕРНАРІОЗУ І
ВРОЖАЙНІСТЬ КАРТОПЛІ
СОРТУ МИРОСЛАВА В
УМОВАХ ПІВДЕННОГО
ПОЛІССЯ УКРАЇНИ

Р.В. НЕВГОД, аспірант Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України
Н.А. ЗАХАРЧУК, кандидат біологічних наук, с.н.с., учений секретар Інституту картоплярства НААН України
О.А. ЗІНЧЕНКО, кандидат с.-г. наук, с.д., заступник директора з наукової роботи Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків

У статті представлено результати трирічних (2023–2025 рр.) польових досліджень щодо вивчення комплексного впливу сидеральних парів, органічного удобрення, диференційованих схем застосування сучасних біостимуляторів та мікробіологічних фунгіцидів на фітосанітарний стан та продуктивність посадок картоплі (*Solanum tuberosum* L.). Дослідження проведено на експериментальній базі Інституту картоплярства НААН (сел. Немішаєве, Бучанський район, Київська область) на середньостиглому сорті Мирослава. Польові досліді закладали у зоні Південного Полісся у триразовій повторності з рандомізованим розміщенням ділянок в умовах природного інфекційного тиску альтернаріозу (*Alternaria solani*/*Alternaria alternata*). Встановлено, що посилення мінерально-органічного живлення шляхом інтеграції сидерального пару (гірчиця біла + гірчиця біла) та перегною великої рогатої худоби (ВРХ) у дозі 40 т/га є потужним превентивним заходом, який самостійно знижує розвиток сухої плямистості на 11,0 %, а поширення — на 18,0 %, що забезпечує чистий приріст урожайності на рівні 5,3 т/га (з 22,3 до 27,6 т/га) порівняно з чистим сидеральним паром. Доведено статистично значущу ($HP_{0,5}=1,12$ % для розвитку); ($HP_{0,5}=1,18$ т/га для врожайності) перевагу багатокомпонентного біофунгіциду Мікохелп над бактеріальним препаратом Фітохелп за їхнього триразового застосування (внесення у борозни за садіння + дві наступні фоліарні обробки по вегетації) на обох агрохімічних фонах.

Максимальний захисний ефект зафіксовано за поєднання орґано-сидерального фону із системою захисту, яка передбачала внесення біостимулятора VIT-ORG VG та біофунгіциду Мікохелп під час садіння з наступним дворазовим фоліарним обприскуванням у баковій суміші у фазі бутонізації та масового цвітіння картоплі. Дана схема дозволила мінімізувати розвиток альтернаріозу сорту Мирослава до 16,6% (поширення – 29,6 %) та отримати рекордну середню врожайність – 32,3 т/га (максимальний приріст у досліді +4,7 т/га до контролю фону), що у 3,1 раза нижче за рівнем ураження та на 10,0 т/га вище за продуктивністю порівняно з абсолютним контролем. Високу ефективність також виявила комбінація Біогран і Мікохелп (за садіння) + StimPure AA (двічі фоліарно) + Мікохелп (двічі фоліарно по вегетації), де середня врожайність досягла 31,8 т/га на орґано-сидеральному фоні при розвитку хвороби 16,9%.

Ключові слова: картопля, альтернаріоз, *Alternaria solani*, сидеральний пар, перегній, біостимулятори, біофунгіциди, урожайність, системна резистентність.

Рис. 2, Літ. 18.

Постановка проблеми. Актуальність дослідження зумовлена стрімким розвитком органічного сектору агровиробництва в Україні та необхідністю розробки екологічно безпечних систем захисту й стимуляції росту картоплі в умовах суворої заборони синтетичних пестицидів та мінеральних добрив.



Фітосанітарна дестабілізація агроценозів, викликана епіфітотійним розвитком фітофторозу та альтернаріозу, залишається головним чинником втрати продуктивності культури та погіршення лежкості бульб під час зберігання. Ця обставина вимагає впровадження альтернативних біологічних методів контролю патогенів на основі бактеріальних та грибних антагоністів, зокрема родів *Bacillus* та *Trichoderma*. Додатковим дестабілізуючим фактором є посилення гідротермічного стресу внаслідок глобальних змін клімату, що суттєво пригнічує онтогенез рослин картоплі у критичні фази вегетації. Залучення інноваційних немікробних біостимуляторів, зокрема екстрактів бурих водоростей, амінокислот та рослинних флавоноїдних комплексів, дозволяє не лише нівелювати наслідки абіотичних стресів, але й активувати ендогенні захисні механізми культури. Поєднання біологічного захисту від хвороб із гормональною та трофічною стимуляцією рослин забезпечує виражений синергічний ефект, що прискорює ризогенез і проліферацію, стимулює інтенсивне раннє накопичення врожаю та підвищує товарність бульб за мінімального антропогенного навантаження на довкілля. Таким чином, комплексне дослідження ефективності сумісного застосування сучасних біофунгіцидів та біостимуляторів в органічному картоплярстві є надзвичайно актуальним науково-практичним завданням для забезпечення продовольчої безпеки та екологізації вітчизняного рослинництва.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасна концепція сталого розвитку органічного картоплярства базується на пошуку екологічно безпечних альтернатив синтетичним пестицидам та мінеральним добривам, використання яких повністю заборонене міжнародними та національними стандартами. У такій системі господарювання фітосанітарна стабільність насаджень та оптимізація онтогенезу культури критично залежать від застосування біофунгіцидів та біостимуляторів росту рослин. Шкодочинність патогенів в агроценозах картоплі є основним лімітуючим чинником, що зумовлює деструкцію асиміляційного апарату, передчасне завершення вегетації та прямі втрати врожаю як на етапі вирощування, так і під час зберігання [1].

Найбільшу епіфітотійну небезпеку становить фітофтороз (*Phytophthora infestans*), здатний знищити до 70–100% листової поверхні впродовж кількох діб за умов високої вологості. Паралельно суттєву загрозу несуть збудники ранньої сухої плямистості або альтернаріозу (*Alternaria solani* та *A. alternata*), які руйнують хлорофіл-білковий комплекс та інтенсифікують передчасне старіння нижнього ярусу листя [2, 3].

Традиційно в органічному землеробстві для стримування цих патогенів застосовували мідьвмісні фунгіциди. Проте сучасні регламенти суворо обмежують використання купруму (не більше 28 кг/га сумарно за 7 років, або в середньому до 4 кг/га на рік) через його високу екотоксичність, здатність до акумуляції у верхніх горизонтах ґрунту, фітотоксичний вплив на саму культуру за умов стресу та пригнічення корисної мікрофлори.

Як зазначають вітчизняні дослідники, екологічно безпечна система контролю хвороб картоплі потребує повного або часткового заміщення хімічних та купрумвмісних сполук біологічними аналогами [4, 5].

Необхідність суттєвого зменшення «мідного навантаження» актуалізувала інтеграцію мікроорганізмів-антагоністів до схем захисту рослин. Основу сучасних мікробіологічних фунгіцидів становлять ендofітні штами бактерій *Bacillus subtilis* та мікроскопічні гриби роду *Trichoderma*, зокрема *Trichoderma harzianum* та *Trichoderma asperellum* [6]. Механізм їхньої дії базується на прямому антагонізмі, конкуренції за екологічну нішу та здатності синтезувати широкий спектр антибіотичних речовин і літичних ферментів, які руйнують клітинні стінки патогенів. Численні експериментальні дані свідчать, що сумісне або послідовне застосування ґрунтового внесення *T. harzianum* та позакореневих обробок *B. subtilis* забезпечує супресію розвитку фітофторозу та альтернаріозу з ефективністю до 80% [7–9]. Окрім захисту асиміляційного апарату, раціональне поєднання штамів *Bacillus subtilis* та *Trichoderma viride* створює еколого-ефективну систему інтенсифікації культури, яка забезпечує комплексне зниження рівня інфекційного навантаження безпосередньо на підземну частину рослин та сформований урожай [9].

Особливе науково-практичне значення має висока ефективність мікробіологічних агентів у стримуванні поширення комплексу парші звичайної (*Streptomyces spp.*), сухої фузаріозної гнилі (*Fusarium spp.*) та ризоктоніозу або чорної парші (*Rhizoctonia solani*). Застосування біофунгіцидів на основі бактерій *B. subtilis* сприяє колонізації ризосфери та формуванню захисної біоплівки на поверхні столонів і молодих бульб, що перешкоджає проникненню бактерій *Streptomyces scabies* та мінімізує розвиток виразок парші, зберігаючи товарний вигляд продукції [10].

Крім того, гриби роду *Trichoderma* виступають активними гіперпаразитами щодо міцелію та склероціїв *R. solani*. Вони здійснюють прямий лізис патогену на ранніх етапах онтогенезу, завдяки чому суттєво зменшується пошкодження паростків, ураження вічок та деформація нових бульб. У період післязбирального зберігання насіннєвого матеріалу обробка корисними мікроорганізмами-антагоністами блокує розвиток ранової інфекції супутніх збудників сухої фузаріозної гнилі, локалізує мікроосередки уражень та запобігає масовому гниттю бульб у сховищах [11].

Паралельно із біологічним захистом, стабільна продуктивність органічного картоплярства забезпечується інтеграцією немікробних біостимуляторів, серед яких ключове місце посідають екстракти бурих морських водоростей (насамперед *Ascophyllum nodosum*), гумінові та фульвокислоти, амінокислотні гідролізати та рослинні флавоноїди [12]. Застосування екстрактів *A. nodosum* є високоефективним методом нівелювання наслідків кліматичних змін, оскільки ці біостимулятори містять комплекс біоактивних молекул, які активують ендогенні захисні механізми рослин.

Вони регулюють продихову провідність через АБК-залежні сигнальні шляхи, посилюють накопичення проліну та стимулюють діяльність антиоксидантних ферментів, захищаючи клітинні мембрани від перекисного окиснення ліпідів в умовах дефіциту вологи [13].

У свою чергу, препарати на основі гумінових речовин та амінокислот оптимізують катіонний обмін у прикореневій зоні та інтенсифікують поглинання елементів живлення з ґрунту. Встановлено, що синергічна дія флавоноїдних комплексів та екстрактів водоростей прискорює проліферацію і ризогенез картоплі, забезпечуючи інтенсивне раннє накопичення врожаю, що є критично важливим фактором в умовах короткого періоду оптимального зволоження [14, 15]. Окрім забезпечення оптимальної вегетації, комплексне біостимулювання позитивно впливає на початкові етапи зберігання насіннєвого матеріалу, запобігаючи різкому зниженню вмісту сухої речовини, крохмалю та обмежуючи надмірне ураження бульб супутніми бактеріозами [16, 17].

Мета досліджень – обґрунтувати та експериментально оцінити ефективність комплексного застосування сидеральних парів, органічного удобрення, сучасних біостимуляторів та мікробних фунгіцидів у обмеженні розвитку та поширення альтернаріозу картоплі впродовж вегетаційного періоду, а також установити рівень врожайності картоплі сорту Мирослава в агрокліматичних умовах Південного Полісся України.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити наступні завдання: 1. Оцінити фітосанітарний потенціал двох агрохімічних фонів: сидерального пару (гірчиця біла + гірчиця біла) та орґано-сидерального комплексу (сидерат + переґній ВРХ у дозі 40 т/га).

2. Визначити індивідуальну та сумісну біологічну ефективність біофунгіцидів Мікохелп та Фітохелп у стримуванні поширення та розвитку сухих плямистостей картоплиння.

3. Дослідити вплив різних за походженням біостимуляторів (Біогран, StimPure АА, Гуміфілд, VIT-ORG VG) та їхніх комбінацій на індукцію системної резистентності рослин до патогена.

4. Встановити характер синерґетичної взаємодії між факторами удобрення, стимуляції росту та біозахисту для оптимізації фітосанітарного стану насаджень картоплі і урожайності.

Умови та методика проведення досліджень. Експериментальні дослідження впродовж 2023–2025 рр. на експериментальній базі Інституту картоплярства НААН (смт Немішаєве, Бучанський район, Київська область), що розташована в географічній зоні Південного Полісся.

Об'єктом досліджень виступав перспективний середньостиглий сорт картоплі Мирослава селекції Інституту картоплярства НААН, який характеризується високим потенціалом урожайності та універсальним призначенням.

Схема досліду передбачала вивчення трьох чинників у трифакторному комплексному експерименті:

Фактор А (Агрохімічний фон удобрення):

1. Сидеральний пар (гірчиця біла + гірчиця біла).
2. Сидеральний пар (гірчиця біла + гірчиця біла) + перегній великої рогатої худоби (ВРХ) у дозі 40 т/га.

Фактор В (Біостимулятори росту):

3. Контроль (без обробки).
4. Біогран.
5. Біогран + StimPure AA.
6. StimPure AA Liquid.
7. Гуміфілд.
8. VIT-ORG VG.

Фактор С (Біофунгіциди):

9. Мікохелп.
10. Фітохелп.

Повторність у досліді – триразова, розміщення ділянок – рандомізоване. Загальна площа облікової ділянки становила 45 м². Садіння картоплі сорту Мирослава здійснювали в оптимальні агротехнічні строки для зони Південного Полісся (23–25 квітня). Внесення досліджуваних біостимуляторів та їхніх комбінацій здійснювали за диференційованими схемами відповідно до регламентів їхнього застосування:

Біогран – застосовували одноразово шляхом локального внесення у борозни безпосередньо під час садіння картоплі (0,5 л/т).

StimPure AA (та StimPure AA Liquid) – застосовували двічі фоліарно у фази бутонізації та квітування картоплі (2,0 л/га).

Біогран + StimPure AA – реалізовували шляхом комбінованої схеми: ґрунтове внесення Біограну під час садіння картоплі з наступним дворазовим фоліарним обприскуванням рослин препаратом StimPure AA у фази бутонізації та квітування (0,5 л/т + 2 л/га).

Гуміфілд (0,15 кг/т, 0,20 кг/га) та VIT-ORG VG (2,5 л/га) – застосовували за повною інтегрованою схемою, яка передбачала внесення препаратів під час садіння картоплі, а також наступне дворазове фоліарне обприскування посівів у фази бутонізації та квітування.

Мікробіологічні фунгіциди Мікохелп та Фітохелп (0,8 л/т, 1,5 л/га) у відповідних варіантах досліді застосовували триразово за інтегрованою схемою захисту: перше внесення здійснювали безпосередньо у борозни під час садіння картоплі, а друге та третє внесення реалізовували фоліарно (у складі бакових сумішей із біостимуляторами відповідно до схеми досліді) у фази бутонізації квітування. Обприскування вегетуючих рослин проводили за допомогою ранцевого обприскувача з нормою витрати робочого розчину 400 л/га. Фітосанітарний моніторинг та облік інтенсивності ураження рослин альтернаріозом (*Alternaria solani* / *Alternaria alternata*) проводили на кожній ділянці кожні 10 діб після появи перших симптомів сухої плямистості на нижніх листках картоплі.

Для обліку на кожній повторності відбирали по 20 рослин у послідовному порядку. Показники фітосанітарного стану розраховували за загальноприйнятими у фітопатології формулами [18]:

Поширення хвороби P , %): $P = \frac{n}{N} \times 100$, де n – кількість уражених альтернаріозом рослин у пробі, шт.; N – загальна кількість облікованих рослин у пробі, шт.

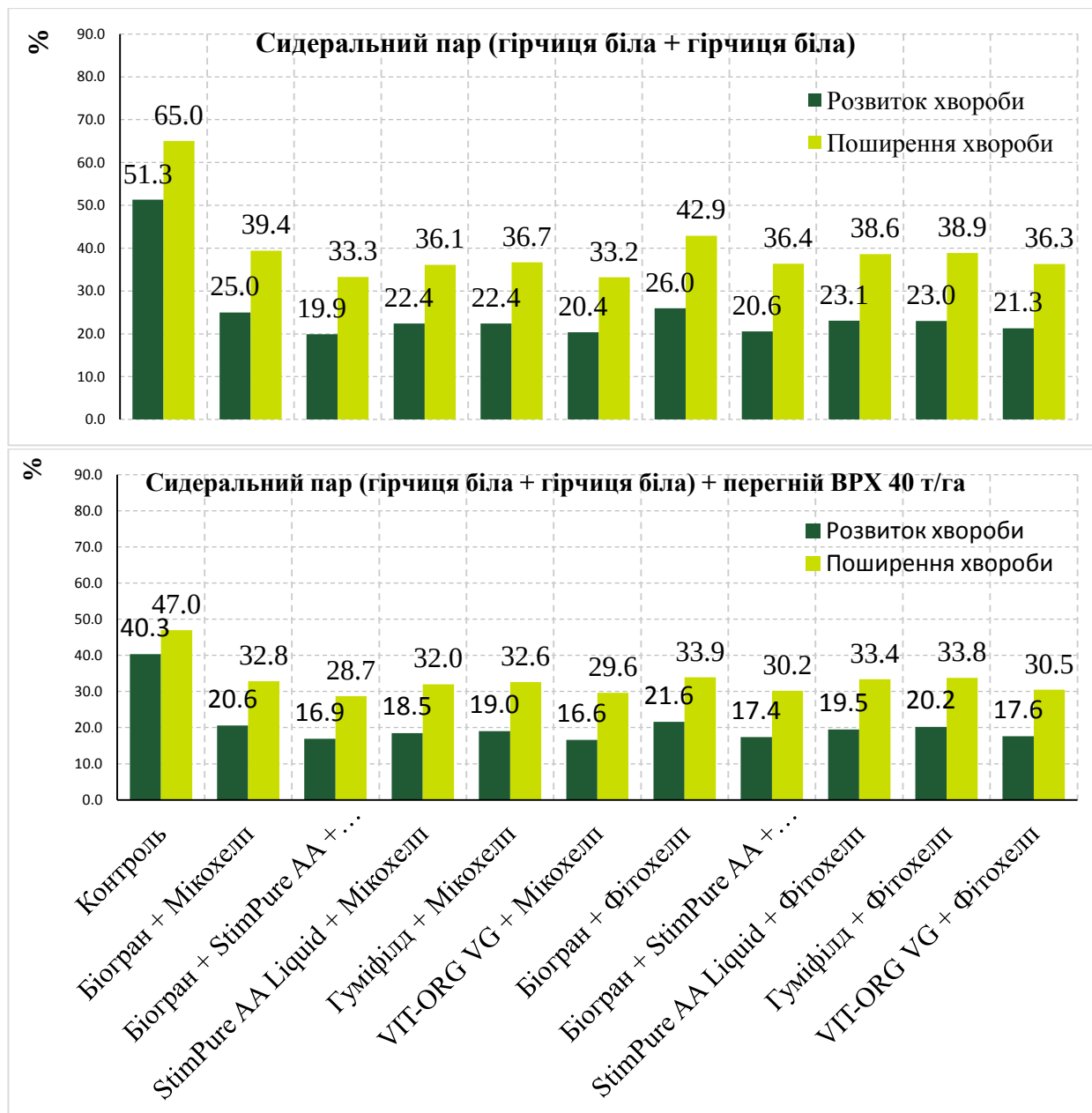
Розвиток хвороби (R , %): $R = \frac{\sum(n \cdot v)}{N \cdot K}$, де $\sum(n \cdot v)$ – сума добутків кількості уражених листків (a) на відповідний їм бал ураження (b); N – загальна кількість облікованих листків, шт.; K – найвищий бал шкали обліку (4-бальна шкала, де 0 – відсутність плям, 4 – відмирання понад 75% площі листової пластинки).

Результати досліджень. Упродовж 2023–2025 рр. фітосанітарний моніторинг посадок картоплі засвідчив суттєвий вплив досліджуваних чинників (удобрення, біостимуляторів та біофунгіцидів) на динаміку розвитку та поширення альтернаріозу (*Alternaria solani* / *Alternaria alternata*). Результати трирічних досліджень підтверджують високу математичну вірогідність впливу як окремих чинників, так і їхніх поєднань (взаємодія факторів АВ, АС, ВС, АВС), оскільки отримані різниці у показниках перевищують граничні значення найменшої істотної різниці Агрохімічний фон виявився базовим чинником формування стійкості рослин картоплі до збудників сухих плямистостей. Порівняльний аналіз двох фонів виявив стійку тенденцію до зниження ураженості насаджень за умов покращення їхнього органічного живлення:

На варіантах контролю (без обробки біопрепаратами) додавання до сидерального пару (гірчиця біла + гірчиця біла) перегною ВРХ у дозі 40 т/га дозволило знизити середній рівень розвитку хвороби на картоплинні з 51,3 % до 40,3 % (абсолютне зниження становить 11,0 %), а поширення – з 65,0 до 47,0 % (зниження на 18,0 %) (рис. 1).

Залучення органічного добрива (перегною) забезпечує додатковий супресивний ефект проти патогена, що пояснюється посиленням загального імунітету картоплі, збалансованим живленням впродовж вегетації та активізацією сапрофітної мікрофлори ґрунту, яка є антагоністом збудників хвороби.

Застосування біологічних фунгіцидів забезпечило істотне пригнічення життєдіяльності патогенів картоплі порівняно з необробленим контролем. При цьому чітко простежується вища диференційована ефективність препарату Мікохелп відносно Фітохелпу. На фоні чистого сидерального пару в середньому за 3 роки розвиток альтернаріозу за використання Мікохелпу у парі з біостимуляторами коливався в межах 19,9–25,0 %, тоді як для Фітохелпу цей показник становив 20,6–26,0 %. На органо-сидеральному фоні перевага Мікохелпу також підтвердилася: мінімальні рівні розвитку хвороби досягли 16,6–20,6 %, тоді як на варіантах із Фітохелпом – 17,4–21,6 %. Математична оцінка фактора C ($HP_{0,5}$ середнього = 1,12 % для розвитку) доводить, що перевага препаратів на основі міцеліально-бактеріального комплексу Мікохелп є статистично значущою.



НІР_{0,5} (%) розвиток: А – 1,34; В – 1,85; С – 1,12; АВ – 2,38.; АС – 1,51; ВС – 2,34; АВС – 3,42. НІР_{0,5} (%) поширення: А – 1,62; В – 2,14; С – 1,31; АВ – 2,82; АС – 1,94; ВС – 3,11; АВС – 4,15.

Рис. 1. Розвиток та поширення альтернативіозу в насадженнях картоплі сорту Мирослава залежно від систем удобрення та біозахисту (середнє за 2023–2025 рр.), %

Джерело: Сформовано на основі власних досліджень

Внесення біостимуляторів суттєво оптимізувало фізіологічний стан картоплі, що позитивно позначалося на її захисному потенціалі. Серед досліджуваних стимуляторів найнижчу антипатогенну дію продемонстрував варіант самостійного внесення препарату Біогран. На обох фонах він забезпечив найвищі показники ураження серед усіх захисних схем (розвиток 25,0 % на першому фоні та 20,6 % – на другому у поєднанні з Мікохелпом).

Найвищу індукцію резистентності рослин забезпечило використання стимуляторів VIT-ORG VG, а також суміші Біогран + StimPure AA.

У поєднанні з біофунгіцидом Мікохелп на фоні сидерату та перегною варіант VIT-ORG VG дозволив мінімізувати розвиток альтернаріозу картоплі до 16,6 % (поширення – 29,6 %), а суміш Біогран + StimPure AA – до 16,9 % (за рекордно низького поширення – 28,7 %). Препарати StimPure AA Liquid та Гуміфілд посіли проміжне положення, показавши близькі між собою результати (18,5–19,5 % розвитку).

Упродовж трирічного циклу досліджень спостерігали виражену тенденцію до зниження інтенсивності прояву альтернаріозу картоплі від 2023 до 2025 року, що пов'язано з погодними умовами. 2023 рік відзначився найбільш жорстким гідротермічним фоном (високі температури на тлі періодичних опадів), через що на абсолютному контролі розвиток хвороби сягав 63,5 %, а поширення – 81,2 %. У 2024 році спостерігали помірне зниження шкодочинності хвороби (на контролі розвиток склав 53,2%, поширення – 65,3 %). У 2025 році зафіксовано мінімальний прояв патологічного процесу (на контролі розвиток впав до 37,3 %, поширення – 48,6 %). Вектор ефективності досліджуваних препаратів залишався незмінним: комбіновані системи захисту утримували хворобу на безпечному рівні навіть у найбільш епіфітотійний 2023 рік. Висока превентивна ефективність досліджуваних комплексів проти збудників альтернаріозу картоплі базується на тривекторному синергізмі, а саме: біофумігація та трофічний бар'єр (Фактор А). Оскільки конідії *Alternaria solani* зимують на рослинних рештках і в ґрунті, сидеральний пар із гірчиці білої відіграє роль природного біофуміганта. Під час загортання зелена маса гірчиці виділяє глюкозинолати, які трансформуються в ізотіоціанати – токсичні для міцелію патогена сполуки. Внесення 40 т/га перегною збагачує ґрунт вуглецем, провокуючи спалах розмноження бактерій-антагоністів. Крім того, калій та азот з органіки оптимізують товщину кутикулярного шару листків картоплі, ускладнюючи механічне проникнення ростових трубок конідій.

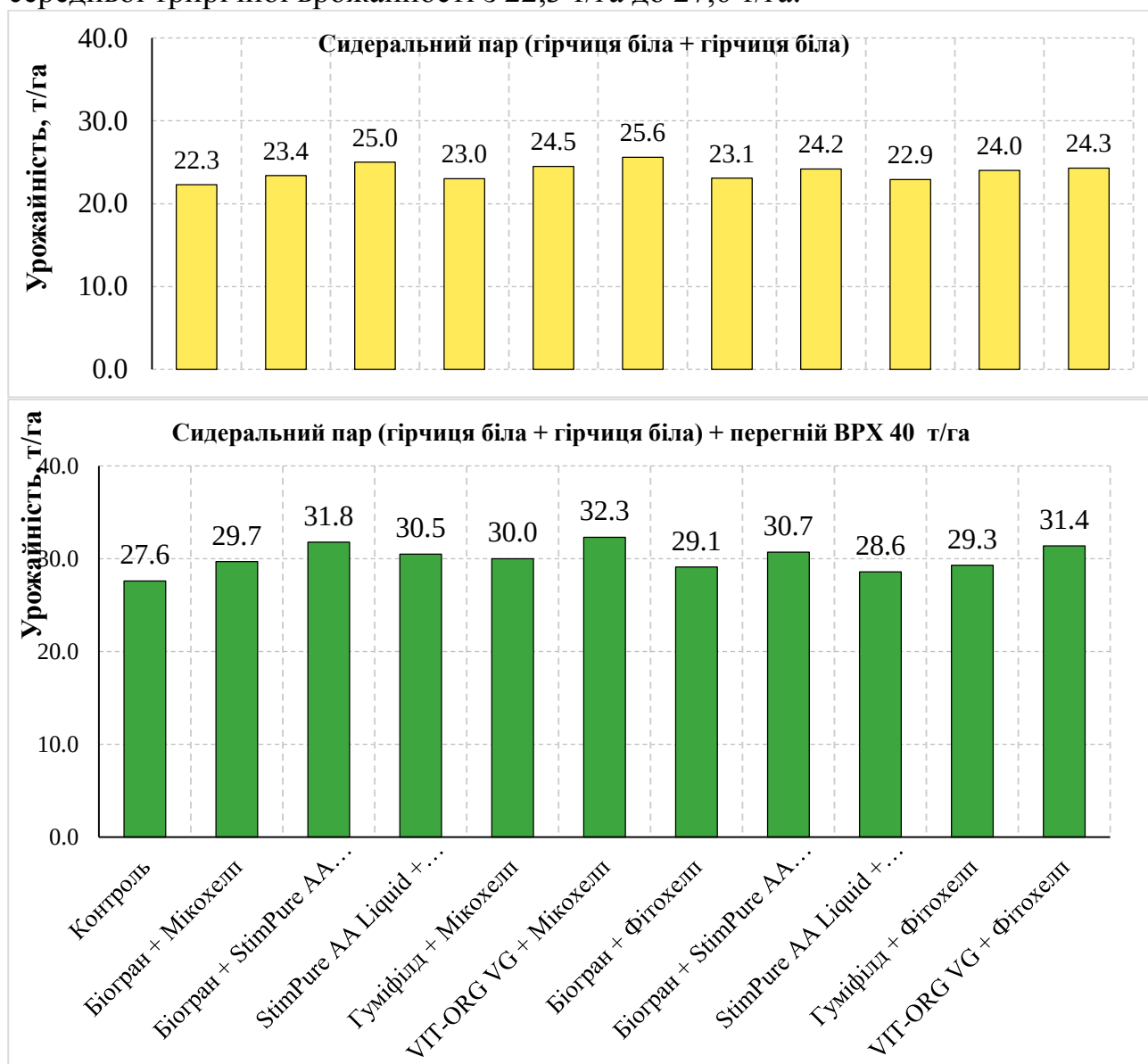
Максимальний ефект захисту від препаратів VIT-ORG VG та StimPure AA пояснюється запуском системної набутої стійкості (SAR) картоплі. Вільні L-амінокислоти у VIT-ORG VG діють як сигнальні молекули (еліситори). Вони запускають фенілпропаноїдний шлях, що веде до посиленого синтезу захисних PR-білків (хітиназ та β -1,3-глюканаз) і фітоалексинів (наприклад, ришитину), які пригнічують ріст гриба всередині тканин листка. Екстракти водоростей у StimPure AA містять олігосахариди, які стимулюють лігніфікацію клітинних стінок. Навколо місць ураження утворюються зони некрозу (надчутливість), що блокує некротрофний патоген *Alternaria*, який живиться лише відмерлою тканиною, і не дає йому поширюватися по листовій пластинці.

Статистична перевага Мікохелпу над Фітохелпом зумовлена наявністю у його складі грибів роду *Trichoderma*. Гіфи *Trichoderma spp.* за допомогою хемотаксису знаходять міцелій *Alternaria solani*, обплітають його та виділяють літичні ферменти. Вони розчиняють клітинні стінки патогена.

Водночас бактеріальний компонент (*Bacillus subtilis*) активно виділяє антибіотики-ліпопептиди (ітурини та фенгіцини), які дестабілізують цитоплазматичні мембрани спор альтернативної на поверхні листка, повністю блокуючи їхнє проростання в продири картоплі.

Аналіз продуктивності картоплі сорту Мирослава за 2023–2025 рр. (рис.2) показав, що оптимізація фонового живлення у поєднанні з мікробіологічним захистом та біостимуляцією має високу математичну вірогідність.

На варіантах без обробки біопрепаратами (контроль) збагачення сидерального пару перегноем ВРХ у дозі 40 т/га забезпечило підвищення середньої трирічної врожайності з 22,3 т/га до 27,6 т/га.



НІР_{0,5} (т/га) : А – 0,98; В – 1,13; С – 1,18; АВ – 1,37; АС – 0,87; ВС – 1,37; АВС – 1,94.

Рис. 2. Середня врожайність картоплі сорту Мирослава залежно від варіантів захисту на різних фонах удобрення (середнє за 2023–2025 рр.), т/га

Джерело: Сформовано на основі власних досліджень

Абсолютний чистий приріст лише за рахунок покращення фонового живлення становив 5,3 т/га. Дана тенденція була стійкою для всіх варіантів захисту. Залучення 40 т/га перегною сприяло зростанню загального рівня урожайності в середньому на 5,0–7,0 т/га, що суттєво перевищувало $НІР_{0,5}$ для фактора А (0,98 т/га).

Застосування мікробіологічних фунгіцидів не лише знизило інфекційне навантаження альтернаріозу, а й позитивно вплинуло на формування врожаю. Чітко простежували перевагу біофунгіциду Мікохелп над препаратом Фітохелп. На фоні чистого сидерату за використання Мікохелпу середня врожайність варіювала в межах 23,0–25,6 т/га, тоді як на варіантах із Фітохелпом – 22,9–24,3 т/га. На органо-сидеральному фоні варіанти з Мікохелпом забезпечили збір бульб на рівні 29,7–32,3 т/га, у той час як за використання Фітохелпу – 28,6–31,4 т/га. Різниця між аналогічними схемами стимуляції на користь Мікохелпу становила в середньому 0,3–1,3 т/га, що підтверджує його вищу господарську ефективність.

Різні за походженням та схемами внесення біостимулятори продемонстрували диференційований вплив на продуктивність сорту Мирослава. Мінімальні прирости до контролю фону отримано на варіантах із застосуванням препарату StimPure AA Liquid (+0,6...0,7 т/га на першому фоні та +1,0...2,9 т/га на другому). Одноразове внесення Біограну під час садіння забезпечило дещо вищу стабільність (+1,1 т/га та +2,1 т/га відповідно у поєднанні з Мікохелпом).

Максимальну господарську ефективність продемонстрував біостимулятор амінокислотного походження VIT-ORG VG (внесення під час садіння + дві фоліарні обробки). У комбінації з Мікохелпом він забезпечив рекордну врожайність: 25,6 т/га на фоні сидерату (приріст +3,3 т/га) та 32,3 т/га на органо-сидеральному фоні (максимальний приріст у досліді – +4,7 т/га).

Високі результати показала схема Біогран (під час садіння) + StimPure AA (двічі фоліарно) у поєднанні з Мікохелпом, де середня врожайність досягла 25,0 т/га (приріст +2,7 т/га) на першому фоні та 31,8 т/га (приріст +4,2 т/га) – на другому. Препарат Гуміфілд посів стабільне проміжне положення (прирости +1,7...2,4 т/га).

Урожайність картоплі чітко корелювала з фітосанітарною ситуацією та вологозабезпеченням років. 2024 рік виявився найменш сприятливим через посушливі умови у період бульбоутворення, що у поєднанні з високим стартовим тиском альтернаріозу обмежило врожайність на сидеральному контролі до 19,6 т/га. 2023 рік показав середні результати (20,6 т/га на базовому контролі).

2025 рік відзначився оптимальним поєднанням опадів та температур, що на тлі низького розвитку хвороби дозволило реалізувати генетичний потенціал сорту Мирослава – врожайність на контролі фону досягла 26,7 т/га (без органіки) та 32,0 т/га (з перегноем), а на найкращому варіанті (VIT-ORG VG + Мікохелп) – 38,3 т/га.

Високі показники врожайності картоплі сорту Мирослава за інтеграції орґано-сидерального фону, біостимулятора VIT-ORG VG та триразового застосування Мікохелпу базуються на фізіологічному та метаболічному синергізмі. Збудники *Alternaria spp.* викликають передчасне відмирання картоплиння, що зупиняє відтік пластичних речовин до бульб. Застосування Мікохелпу (внесення у борозни за садіння + 2 фоліарні обробки) ефективно знешкоджувало міцелій патогена за рахунок ферментів *Trichoderma*. Це дозволило зберегти фотосинтетично активну площу листків картоплі у критичні фази накопичення врожаю.

Схема застосування VIT-ORG VG (за садіння + двічі по вегетації) забезпечила рослини картоплі готовим комплексом L-амінокислот. Рослини не витрачала енергію на самостійний синтез цих сполук в умовах повітряної посухи (особливо у 2024 році), а спрямовували ресурси на відтік цукрів із листків до столонів, що збільшило урожай товарних бульб.

Перевага Мікохелпу над Фітохелпом полягає не лише в кращому захисті від хвороб, а й у наявності фосфатмобілізуєчих та азотфіксуєчих бактерій у його складі. Внесення препарату у борозни за садіння активізувало переведення важкодоступних сполук фосфору та калію з перегною ВРХ у легкозасвоювані форми для кореневої системи картоплі сорту Мирослава на ранніх етапах онтогенезу. Локальне стартове живлення Біограном стимулювало активне формування кореневої системи картоплі, а наступні дві фоліарні обробки препаратом StimPure АА (на основі *Ascophyllum nodosum*) збагатили рослини фітогормонами – цитокінінами та ауксинами. Це посилило поділ клітин у меристемах бульб та забезпечило високу однорідність фракцій картоплі.

Висновки і перспективи досліджень. На основі результатів комплексних трирічних (2023–2025 рр.) польових досліджень, проведених в умовах Південного Полісся України на експериментальній базі Інституту картоплярства НААН, сформовано наступні висновки:

1. Агрохімічний фон є визначальним базовим чинником формування стійкості насаджень картоплі сорту Мирослава до інфекційного тиску сухої плямистості. Інтеграція сидерального пару (гірчиця біла + гірчиця біла) та перегною великої рогатої худоби (ВРХ) у дозі 40 т/га на контролі (без обробки біопрепаратами) забезпечує превентивне зниження розвитку альтернarioзу на 11,0 % (з 51,3 % до 40,3 %) та поширення хвороби – на 18,0 % (з 65,0 % до 47,0 %). Це фітосанітарне покращення конвертується в суттєве збереження асиміляційного апарату та дає стійкий чистий приріст урожайності бульб на рівні 5,3 т/га (з 22,3 до 27,6 т/га).

2. Доведено високу та статистично значущу перевагу багатокомпонентного біофунґіциду Мікохелп (на основі *Trichoderma spp.* та *Bacillus subtilis*) над суто бактеріальним препаратом Фітохелп. За триразової схеми застосування варіанти з Мікохелпом забезпечували додатковий приріст урожайності в межах 0,3–1,3 т/га порівняно з аналогічними схемами на основі Фітохелпу, краще утримуючи розвиток хвороби нижче порогу шкодочинності.

3. Встановлено, що різні за походженням рістрегулюючі речовини мають неоднаковий вплив на індукцію системної набутої стійкості картоплі. Найвищий імунізуючий та рістстимулюючий потенціал виявив органічний біостимулятор амінокислотного походження VIT-ORG VG (внесення за садіння + двічі фоліарно), що дозволило мінімізувати розвиток альтернаріозу до рекордних у досліді 16,6 % (поширення – 29,6 %), що у 3,1 раза нижче за показники абсолютного контролю; та отримати максимальну середню врожайність картоплі сорту Мирослава – 32,3 т/га, забезпечивши найвищий чистий приріст продуктивності (+4,7 т/га до контролю свого фону та +10,0 т/га до абсолютного контролю).

4. Міжрічна динаміка (2023–2025 рр.) вказує на сильну залежність розвитку хвороби та продуктивності культури від гідротермічних умов сезону (мінімальна врожайність контролю фону зафіксована у посушливому 2024 р. – 19,6 т/га, максимальна в оптимальному 2025 р. – 32,0 т/га). Розроблені комплексні органо-біологічні системи захисту зберігають високу стійкість і стабільно утримують шкодочинність альтернаріозу картоплі нижче критичної межі, забезпечуючи стабільну врожайність незалежно від коливань кліматичних факторів.

Список використаної літератури

1. Deka B., Upamanya G.K., Baruah R.M.B. Eco Friendly Management of Alternaria Blight Disease: A Review. *Asian Journal of Advances in Agricultural Research*, 2024. Vol. 24, Issue 10. P. 34–43. DOI: <https://doi.org/10.9734/ajaar/2024/v24i10554>.

2. Федорчук С.В., Цуркан Р.П., Лісовий М.М. Фітофтороз і альтернаріоз картоплі в умовах Полісся України. *Scientific Bulletin of UNFU*. 2024. Вип. 34, № 6, С. 8–12. DOI: <https://doi.org/10.36930/40340601>.

3. Тактаєв Б., Подберезко І., Фурдига М., Олійник Т., Нікішичева К. Елементи системи захисту рослин картоплі від альтернаріозу за вирощування в зоні Полісся України. *Карантин і захист рослин*. 2025. Вип. 3. С. 39–44. DOI: <https://doi.org/10.36495/2312-0614.2025.3.39-44>.

4. Regulation (EU) 2018/848 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 on organic production and labelling of organic products and repealing Council Regulation (EC) No 834/2007. Available online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=OJ:L:2018:150:TOC>.

5. Regulation (EU) 2019/1009 of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019 Laying down Rules on the Making Available on the Market of EU Fertilising Products and Amending Regulations (EC) No 1069/2009 and (EC) No 1107/2009 and Repealing Regulation (EC) No 2003/2003. 2019. Available online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32019R1009>.

6. Cai F., Yu G., Wang P., Wei Z., Fu L., Shen Q. Harzianolide, a novel plant growth regulator and systemic resistance elicitor from *Trichoderma harzianum*. *Plant Physiol Biochem*. 2013. Vol. 73. P. 106–13. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2013.08.011>.

7. Tueros M., Vilcapoma M., Pillaca G., Velásquez J., Campos H., Cántaro-Segura H., Paitamala O., Matsusaka D. Eco-Efficient Intensification of Potato with *Bacillus subtilis* and *Trichoderma viride* Under NPK Fertilization. *Applied Microbiology*. 2025. Vol. 5, Issue. 4. Article 112. DOI: <https://doi.org/10.3390/applmicrobiol5040112>.
8. Purwantisari S., Ferniah R.S., Nurchayati Y., Jannah S.N. Effects of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria and *Trichoderma* sp. On Potato Growth on Medium Plains. *KnE Life Sci*. 2022. Vol. 7. P. 513–520. DOI: <https://doi.org/10.18502/cls.v7i3.11157>.
9. Rakibuzzaman M., Akand M.H., Siddika M., Uddin A.F.M.J. Impact of *Trichoderma* application as bio-stimulator on disease suppression, growth and yield of potato. *J. Biosci. Agric. Res*. 2021. Vol. 27. P. 2252–2257. DOI: <https://doi.org/10.18801/jbar.270121.274>.
10. Shuang M., Wang Y., Teng W., Jin G. Isolation and identification of an endophytic bacteria *Bacillus* sp. K-9 exhibiting biocontrol activity against potato common scab. *Archives of Microbiology*. Vol. 204. Article number 483. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00203-022-02989-5>.
11. Tleuova A.B., Wielogorska E., Talluri V.S.S.L.P., Štěpánek F., Elliott C.T., Grigoriev D.O. Recent advances and remaining barriers to producing novel formulations of fungicides for safe and sustainable agriculture. *Journal of Controlled Release*. 2020. Vol. 326. P. 468–481. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jconrel.2020.07.035>.
12. Ямковий В. Вплив органічних добрив та біологічних препаратів на ріст і розвиток рослин картоплі в умовах Полісся. *Міжвідомчий тематичний науковий збірник "Картоплярство"*. 2024. Вип. 48. С. 92–106. DOI: <https://doi.org/10.52087/0130-2094.2024.48.08>.
13. Zhang L., Xu W., Zhao Z., Long Y., Fan R. Biocontrol potential and growth-promoting effect of endophytic fungus *Talaromyces muroii* SD1-4 against potato leaf spot disease caused by *Alternaria alternata*. *Microbiology*. 2024. Vol. 24, Article 255. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12866-024-03411-4>.
14. Pysarenko N., Furdyha M., Zakharchuk N., Hordiienko V. Resistance status of potato varieties to early blight under changing climate conditions in Polissia, Ukraine. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. Vol. 28, Issue. 2. P. 87–95. DOI: <https://doi.org/10.31210/spi2025.28.02.14>.
15. Solomiichuk M., Pikovskyi M. Biological control of *Alternaria* and late blight of potatoes. *Plant and Soil Science*. 2025. Vol. 16, Issue 1. P. 52–60. DOI: <https://doi.org/10.31548/plant1.2025.52>.
16. Schmey T., Tominello-Ramirez C.S., Brune C., Stam R. *Alternaria* diseases on potato and tomato. *Molecular Plant Pathology*. 2024. Vol. 25, Issue 3. e13435. DOI: <https://doi.org/10.1111/mpp.13435>.
17. Jindo K., Evenhuis A., Kempenaar C., Pombo Sudré C., Zhan X., Goitom Teklu M. Review: holistic pest management against early blight disease towards sustainable agriculture. *Pest Management Science*. 2021. Vol. 77. P. 3871–3880. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.6320>.

18. Бондарчук А.А., Колтунов В.А., Олійник Т.М. Картоплярство: Методика дослідної справи. За редакцією А.А. Бондарчука, В.А. Колтунова. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2019. 625 с.

Список використаної літератури у транслітерації / References

1. Deka B., Upamanya G.K., Baruah R.M.B. (2024). Eco Friendly Management of Alternaria Blight Disease: A Review. *Asian Journal of Advances in Agricultural Research*. 24 (10). P. 34–43. DOI: <https://doi.org/10.9734/ajaar/2024/v24i10554>. [in English].

2. Fedorchuk S.V., Tsurkan R.P., Lisovyi M.M. (2024). Fitoftoroz i alternarioz kartopli v umovakh Polissia Ukrainy. [*Phytophotorosis and Alternariosis of potatoes in the Polissya zone of Ukraine*]. *Scientific Bulletin of UNFU. Issue 34(6)*. 8–12. DOI: <https://doi.org/10.36930/40340601>. [in Ukrainian].

3. Taktaiev B., Podberezko I., Furdyha M., Oliinyk T., Nikishycheva K. (2025). Elementy systemy zakhystu roslyn kartopli vid alternariozu za vyroshchuvannia v zoni Polissia Ukrainy [*Elementy systemy zakhystu roslyn kartopli vid alternariozu za vyroshchuvannia v zoni Polissia Ukrainy*]. *Karantyn i zakhyst roslyn – Quarantine and plant protection*. Issue 3. 39–44. DOI: <https://doi.org/10.36495/2312-0614.2025.3.39-44>. [in Ukrainian].

4. Regulation (EU) 2018/848 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 on organic production and labelling of organic products and repealing Council Regulation (EC) No 834/2007. Available online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=OJ:L:2018:150:TOC> [in English].

5. Regulation (EU) 2019/1009 of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019 Laying down Rules on the Making Available on the Market of EU Fertilising Products and Amending Regulations (EC) No 1069/2009 and (EC) No 1107/2009 and Repealing Regulation (EC) No 2003/2003. 2019. Available online: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32019_R1009 [in English].

6. Cai F., Yu G., Wang P., Wei Z., Fu L., Shen Q. (2013). Harzianolide, a novel plant growth regulator and systemic resistance elicitor from *Trichoderma harzianum*. *Plant Physiol Biochem*. Vol. 73. P. 106–113. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2013.08.011>. [in English].

7. Tueros M., Vilcapoma M., Pillaca G., Velásquez J., Campos H., Cántaro-Segura H., Paitamala O., Matsusaka D. (2025). Eco-Efficient Intensification of Potato with *Bacillus subtilis* and *Trichoderma viride* Under NPK Fertilization. *Applied Microbiology*. 5 (4). Article 112. DOI: <https://doi.org/10.3390/applmicrobiol5040112> [in English].

8. Purwantisari S., Ferniah R.S., Nurchayati Y., Jannah S.N. (2022). Effects of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria and *Trichoderma* sp. On Potato Growth on Medium Plains. *KnE Life Sci*. 7. P. 513–520. DOI: <https://doi.org/10.18502/cls.v7i3.11157>. [in English].

9. Rakibuzzaman M., Akand M.H., Siddika M., Uddin A.F.M.J. (2021). Impact of Trichoderma application as bio-stimulator on disease suppression, growth and yield of potato. *J. Biosci. Agric. Res.* 27. P. 2252–2257. DOI: <https://doi.org/10.18801/jbar.270121.274>. [in English].
10. Shuang M., Wang Y., Teng W., Jin G. (2022). Isolation and identification of an endophytic bacteria *Bacillus* sp. K-9 exhibiting biocontrol activity against potato common scab. *Archives of Microbiology.* 204. Article 483. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00203-022-02989-5> [in English].
11. Tleuova A.B., Wielogorska E., Talluri V.S.S.L.P., Štěpánek F., Elliott C.T., Grigoriev D.O. (2020). Recent advances and remaining barriers to producing novel formulations of fungicides for safe and sustainable agriculture. *Journal of Controlled Release.* 326. P. 468–481. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jconrel.2020.07.035> [in English].
12. Iamkovyi V. (2024). Vplyv orhanichnykh dobryv ta biolohichnykh preparativ na rist i rozvytok roslyn kartopli v umovakh Polissia [*The effect of organic fertilisers and biological preparations on the growth and development of potato plants in the Polissya region*]. *Mizhvidomchyi tematychnyi naukovyi zbirnyk "Kartopliarstvo" – Interdepartmental thematic scientific collection "Potato cultivation"*. Issue 48. 92–106. DOI: <https://doi.org/10.52087/0130-2094.2024.48.08>. [in Ukrainian].
13. Zhang L., Xu W., Zhao Z., Long Y., Fan R. (2024). Потенціал біоконтролю та стимулюючий ріст ефект ендоефітного гриба *Talaromyces muroii* SD1-4 проти хвороби плямистості листя картоплі, спричиненої *Alternaria alternata*. *BMC Microbiology.* 24. Article 255. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12866-024-03411-4>. [in English].
14. Pysarenko N., Furdyha M., Zakharchuk N., Hordiienko V. (2025). Resistance status of potato varieties to early blight under changing climate conditions in Polissia, Ukraine. *Scientific Progress & Innovations* . 28 (2). P. 87–95. DOI: <https://doi.org/10.31210/spi2025.28.02.14>. [in English].
15. Solomiichuk M., Pikovskyi M. (2025). Biological control of *Alternaria* and late blight of potatoes. *Plant and Soil Science.* 16 (1). P 52–60. DOI: <https://doi.org/10.31548/plant1.2025.52>. [in English].
16. Schmey T., Tominello-Ramirez C.S., Brune C., Stam R. (2024). *Alternaria* diseases on potato and tomato. *Molecular Plant Pathology.* 25 (3). e13435. DOI: <https://doi.org/10.1111/mpp.13435>. [in English].
17. Jindo K., Evenhuis A., Kempenaar C., Pombo Sudré C., Zhan X., Goitom Teklu M. (2021). Review: holistic pest management against early blight disease towards sustainable agriculture. *Pest Management Science.* 77. P. 3871–3880. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.6320>. [in English].
18. Bondarchuk A.A., Koltunov V.A., Oliynyk T.M., Furdyha M.M., Vyshnevskaya O.V., Osypchuk A.A., Zakharchuk N.A. (A.A. Bondarchuk, V.A. Koltunov Eds.). (2019). *Kartoplyarstvo: Metodyka doslidnoyi spravy. [Potato growing: Methodology of the experimental case]*. Vinnytsya: TOV Tvory. [in Ukrainian].

ANNOTATION

THE INFLUENCE OF FERTILIZATION AND BIOPROTECTION SYSTEMS ON THE DEVELOPMENT OF ALTERNARIA BLIGHT AND YIELD OF POTATO VARIETY MYROSLAVA UNDER CONDITIONS OF THE SOUTHERN POLISSIA OF UKRAINE

*The article presents the results of a three-year (2023–2025) field experiment investigating the complex impact of green manure, organic fertilization, differentiated application schedules of modern biostimulants, and microbiological fungicides on the phytosanitary state and productivity of potato (*Solanum tuberosum* L.) plantings. The research was conducted at the experimental base of the Institute of Potato Research of NAAN (Nemishaieva, Buchanskyi district, Kyiv region) on the mid-season variety Myroslava. Field trials were established in the Southern Polissia zone in a three-fold replication with a randomized plot design under the infectious pressure of Alternaria blight (*Alternaria solani* / *Alternaria alternata*).*

It was established that enhancing mineral and organic nutrition through the integration of green manure (white mustard + white mustard) and cattle manure at a dose of 40 t/ha serves as a powerful preventive measure. This practice independently reduced the development of early blight by 11.0 % and disease incidence by 18.0 %, which ensured a net yield increase of 5.3 t/ha (from 22.3 to 27.6 t/ha) compared to the pure green manure background. A statistically significant ($LSD_{0.5} = 1.12$ % for development); ($LSD_{0.5} = 1.18$ t/ha for yield) advantage of the multi-component biofungicide Mikohelp over the bacterial preparation Fitohelp was proved across both agrochemical backgrounds under their three-fold application scheme (soil application into holes during planting + two subsequent foliar sprays during vegetation).

The maximum protective and economic effect was recorded when combining the organic-green manure background with a crop protection system that included the application of the VIT-ORG VG biostimulant and Mikohelp biofungicide during planting, followed by a double foliar spraying in a tank mix during the budding and mass flowering phases of potatoes. This scheme minimized the development of Alternaria blight in the Myroslava variety to 16.6 % (incidence – 29.6 %) and allowed obtaining a record average yield of 32.3 t/ha (maximum increase in the trial was +4.7 t/ha to the background control), which is 3.1 times lower in terms of damage level and 10.0 t/ha higher in productivity compared to the absolute control. High efficiency was also demonstrated by the combination of Biogran and Mikohelp (at planting) + StimPure AA (twice foliarly) + Mikohelp (twice foliarly during vegetation), where the average yield reached 31.8 t/ha on the organic-green manure background with a disease development of 16.9 %.

Keywords: potato, Myroslava variety, Southern Polissia, Alternaria blight, crop yield, green manure, cattle manure, biostimulants, biofungicides, Mikohelp, VIT-ORG VG.

Fig. 2, Ref. 18.

Інформація про авторів

Невгод Роман Вікторович, аспірант Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України (03110, м. Київ, вул. Клінічна, 25, ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-9497-2172>).

Захарчук Наталія Анатоліївна, кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник, учений секретар Інституту картоплярства НААН України (07853, сел. Немішаєве, Бучанський район, Київська обл. вул. Ярослава Мудрого, 22, e-mail: vs_potato@meta.ua, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8194-2491>).

Зінченко Олеся Анатоліївна, кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник, заступник директора з наукової роботи Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України (03110, м. Київ, вул. Клінічна, 25, e-mail: org.sugarbeet@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1381-8659>).

Nevhod Roman V., Postgraduate Student, Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet of the National Academy of Agricultural Sciences of Ukraine (25 Klinichna St., Kyiv, 03110, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-9497-2172>).

Zakharchuk Nataliia A., PhD in Biological Sciences, Senior Researcher, Scientific Secretary, Institute of Potato Research of the National Academy of Agricultural Sciences of Ukraine (22 Yaroslava Mudroho St., Nemishaieve, Buchanskyi district, Kyiv region, 07853, Ukraine, e-mail: vs_potato@meta.ua, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8194-2491>).

Zinchenko Olesia A., PhD in Agricultural Sciences, Senior Researcher, Deputy Director for Scientific Work, Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet of the National Academy of Agricultural Sciences of Ukraine (25 Klinichna St., Kyiv, 03110, Ukraine, e-mail: org.sugarbeet@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1381-8659>).

Надходження статті 17.07.26.

Прийнято 07.08.26.

Опубліковано 31.10.26.