

## МІКОБІОТА РИЗОСФЕРИ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗА ДІЇ БІОПРЕПАРАТІВ АЗОТОХЕЛП І ГРАУНДФІКС

Д. О. Яковенко

аспірант

Інститут агроєкології і природокористування НААН України (м. Київ, Україна)

Біотехнологічна компанія BTU (м. Київ, Україна)

e-mail: d.yakovenko@btu-center.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0008-8239-7684>

В. В. Бородай

доктор сільськогосподарських наук, доцент

Інститут агроєкології і природокористування НААН України (м. Київ, Україна)

Національний університет біоресурсів і природокористування України (м. Київ, Україна)

e-mail: veraboro@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8787-8646>

У роботі вивчено зміни чисельності та структури мікобіоти ризосфери пшениці озимої за використання різних способів внесення поліфункціональних біопрепаратів Граундфікс® та Азотохелп®. Дослідження проводилися в умовах дослідного поля Хмельницької державної сільськогосподарської дослідної станції Інституту кормів та сільського господарства Поділля (ДСГДС ІКСГП). Найбільш сприятливе співвідношення сапротрофних і патогенних грибів у фазі розвитку пшениці озимої ВВСН 61–69 сформувалось у варіанті із сумісним внесенням Граундфіксу (1,5 л/га) + Азотохелпу (1,5 л/га). У цьому варіанті частка фітопатогенів виявилася найменшою (4 тис. КУО/г ґрунту), що було в 4,6 раза менше, ніж у контрольному варіанті, а частка сапротрофної мікобіоти становила 94,7%, в інших варіантах з окремим внесенням біопрепаратів — 64,7–85,8%, у контрольному варіанті — 63,6%. За ефективністю щодо посилення біологічної активності ґрунту до нього наближався варіант з обробкою насіння Азотохелпом (1,5 л/м) + фоліарним обприскуванням Азотохелпом (0,5 л/га) у фазу весняного куцання. Найбільша кількість грибів-антагоністів родів *Trichoderma* та *Gliocladium* у ризосфері пшениці спостерігалася за внесення біопрепаратів під передпосівну культивуацію. Застосування Азотохелпу (3 л/га) під передпосівну культивуацію призвело до збільшення частки роду *Trichoderma* на 60% порівняно з 5,6–29,4% в інших варіантах, що свідчить про формування високого рівня фунгістатичної активності ґрунту, вплинуло на пригнічення патогенів як у фазі цвітіння (3,6 тис. КУО/г ґрунту порівняно з 7,3–18,4 тис. КУО/г ґрунту в інших варіантах), так і у фазі розвитку ВВСН 83–89 (3,8 тис. КУО/г ґрунту проти 7,8–27,0 тис. КУО/г ґрунту). Ефективність цього варіанту в період вегетації пшениці у 2021 році була нижчою, що можна пояснити несприятливими гідротермічними умовами. Виявлено пролонгований ефект застосування біопрепаратів, спрямований на стабілізацію мікробіоценозу ґрунту.

**Ключові слова:** *Triticum aestivum* L., ризосфера, агроценози, мікроорганізми, фітопатогени, антагоністи, мікробні препарати.

### ВСТУП

Пшениця озима (*Triticum aestivum* L.), разом з іншими зерновими культурами, є життєво важливим джерелом поживних речовин та енергії в раціоні людини. Це друга за обсягом виробництва зернова культура у світі після кукурудзи та провідна зернова культура в Європі, на яку припадає майже половина загального врожаю зернових. Погіршення ґрунтової родючості, висока чисельність популяцій сеgetальних рослин, фітофагів і збудників хвороб за значного рівня антропогенного тиску на агроєкосистеми призвели до погіршення екологічного стану в сучасному виробництві зернових культур [1–3].

Мікроміцети відіграють ключову роль у ґрунтовому мікробіомі, впливаючи на загальну мікробну активність ґрунту. Значний тиск фітопатогенів на рослини та ґрунтову біоту є одним з екологічних ризиків, що може спричинити великі втрати щодо кількісних і якісних показників продукції [4–6].

Серед високошкодочинних хвороб пшениці озимої є фузаріози та альтернаріози, спричинені токсиноутворювальними видами грибів роду *Fusarium*, *Alternaria* тощо. Це підтверджується встановленими максимально допустимими рівнями дезоксиніваленолу, зеараленону, Т-2 токсину, фумонізину в зерні та потребує пошуку шляхів зменшення їх кількості [7].

Враховуючи зростаючі негативні наслідки інтенсивного сільського господарства для природних ресурсів, здоров'я людини та навколишнього середовища, а також прогнози щодо погіршення клімату, існує нагальна потреба зосередитися на фундаментальних і прикладних дослідженнях біостимуляторів, біодобрив та біопестицидів [8].

**Мета роботи** — дослідити зміни чисельності та структури мікобіоти ризосфери пшениці озимої за використання різних способів внесення поліфункціональних біопрепаратів Граундфікс і Азотохелп.

### АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Біопрепарати, а саме біодобрива, вважаються найважливішими компонентами сталого сільського господарства, які мають тривалий вплив на родючість ґрунту [9].

Р. Mažulytė та ін. дослідили, що сумісне використання бактерій родів *Bacillus*, *Pseudomonas* і *Streptomyces* за вирощування озимої пшениці сприяло кращому розчиненню фосфатів за рахунок утворення молочної, оцтової, глюконової, яблучної, щавлевої, лимонної кислот і фітогормонів, таких як індол-3-оцтова кислота, зеатин, гіберелова та абсцизова кислоти, ефективній колонізації ризосфери коренів рослин, покращенню показників росту рослин і поглинанню поживних речовин [10].

У польових дослідах інокуляція *Azospirillum brasilense* дала змогу зменшити потребу в азотних добривах на 25%, а застосування декількох методів обробки збільшило кількість діазотрофних бактерій у тканинах рослин, позакореневе обприскування покращило колонізацію листя, а ґрунтова інокуляція сприяла колонізації коренів і ризосфери [11].

Досліджуючи рослини пшениці, А. Kumar та ін. показали, що інокуляція бактеріями-солубілізаторами фосфору *Bacillus megaterium*, *Arthrobacter chlorophenolicus* та *Enterobacter* значно покращує поглинання фосфору рослинами, врожайність зерна й кількість фосфору в зерні, яка збільшилася майже вдвічі в тепличних і польових експериментах [12].

Бактеріальні інокулянти можуть бути використані для зменшення норм мінеральних азотних добрив, стимулюючи мікробну біомасу та активність ферментів у ґрунті, допомагаючи забезпечити надходження поживних речовин, що сприяють оптимізації врожайності сільськогосподарських культур [13–15]. Спільне застосування високих доз мінеральних добрив і бактеріальних інокулянтів (N-фіксуєючих бактерій *Klebsiella planticola* та *Enterobacter* spp.), що призвело до значного збільшення вмісту

N, P, K і білка в зерні сільськогосподарських культур, вплинуло на врожайність [13].

Оздоровлення мікробіоти ґрунту впливає і на якість продукції. Так, U. Wachowska, A. Waśkiewicz і M. Jędruczka оцінили вплив біологічних засобів захисту на основі бактерій роду *Sphingomonas* та грибів *Aureobasidium pullulans* на колонізацію зерна озимої пшениці грибами роду *Fusarium* і накопичення ергостеролу, дезоксиніваленолу, ніваленолу, зеараленону, боверицину, енніатинів та моніліформіну в зерні озимої пшениці. Біопрепарати пригнічували проникнення патогенів роду *Fusarium* у тканини зерна та сприяли природному зменшенню популяції *Fusarium* spp. після шести місяців зберігання зерна на 23,5–34,1% під час збору врожаю та 40,9–100% після шестимісячного періоду зберігання. Авторами встановлено, що *A. pullulans* може ефективно пригнічувати проліферацію широкого спектру токсинів грибів роду *Fusarium* (дезоксиніваленол, ніваленол, енніатини та моніліформін) [16].

Відомо, що врожайність сільськогосподарських культур і біологічна активність ґрунту перебувають у прямій залежності, тому великого значення набувають способи активізації біологічних процесів у ньому. У зв'язку з цим перспективним є застосування екологічно безпечних біопрепаратів, здатних активізувати ґрунтову біоту, а також усі біологічні процеси, що протікають у ґрунті.

### МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводилися в умовах дослідного поля Хмельницької ДСГДС ІКСГП НААН (с. Самчики, Старокостянтинівський р-н, Хмельницька обл., північно-західна частина Правобережного Лісостепу України) протягом 2020–2022 рр.

Ґрунт дослідної ділянки — чорнозем слабоопідзолений середньосуглинковий, середньопотужний, малогумусний на лісовому суглинку бурувато-пального забарвлення. Облікова площа ділянки — 40 м<sup>2</sup>, повторність — чотириразова, розміщення ділянок — систематичне. Уміст гумусу (за Тюрнімом) — 2,8–2,9%, рН — 5,8–6,2, гідролітична кислотність — 1,9–2,3 мг/екв. на 100 г, валові запаси нітрогену — 0,153–0,163%, фосфору — 0,136–0,149%, лужногідролізованого нітрогену — 17–19,3 мг, рухомі форми фосфору та калію (за Чириковим) — відповідно 20,8–22,6 та 8–12 мг на 100 г.

У досліді вивчалися елементи технології вирощування пшениці озимої сорту Богдана: застосування біодобрив Граундфікс® та Азотохелп® (Азотофіт®) (біотехнологічна компанія ВТУ, Україна). Дослідження проводили за та-

кою схемою: 1 — контроль; 2 — Граундфікс (3 л/га), під передпосівну культивуацію; 3 — Азотохелп (3 л/га), під передпосівну культивуацію; 4 — Граундфікс (1,5 л/га) + Азотохелп (1,5 л/га), під передпосівну культивуацію; 5 — Азотохелп (1,5 л/т), обробка насіння; 6 — Азотохелп (1,5 л/т), обробка насіння + Азотохелп (0,5 л/га), у фазу весняного куцнення; 7 — Азотохелп (0,5 л/га), у фазу весняного куцнення на мінеральному фоні  $N_{90}P_{60}K_{60}$ . Попередником була соя. Норма висіву насіння — 5 млн шт./га.

До складу біопрепарату Граундфікс входять мікроорганізми: *Bacillus velezensis* (*B. subtilis*), *B. subtilis*, *Priestia megaterium* (*B. megaterium* var. *phosphaticum*), *Agrobacterium pusense* (*Azotobacter chroococcum*), *Agr. salinitolerans* (*Enterobacter*), *Raenibacillus polymyxa* (титр  $0,5-1,5 \times 10^9$  КУО/см<sup>3</sup>). Основою біопрепарату Азотохелп (Азотофіт) є азотфіксувальні бактерії *Agrobacterium pusense* (*Azotobacter chroococcum*) та біологічно активні продукти їхньої життєдіяльності (титр  $1,0 \times 10^9$  КУО/см<sup>3</sup>).

Досліди з біодобривами було закладено в останній декаді вересня — першій половині жовтня; фоліарне застосування Азотохелпу (0,5 л/га) проводили у фазі ВВСН 21–29, а збирання та облік урожаю пшениці озимої — в останній декаді липня згідно із загальноприйнятими методиками проведення досліджень у землеробстві [17; 18].

Визначення видового та кількісного складу мікроміцетів ризосфери пшениці, відібраних у

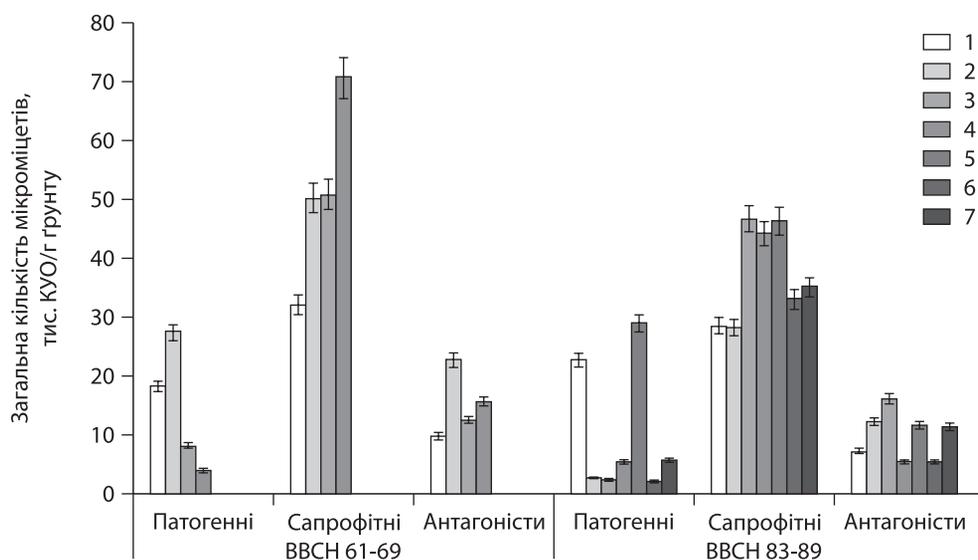
фазах росту ВВСН 61–69 та ВВСН 83–89, проводили в Інституті прикладної біотехнології біотехнологічної компанії ВТУ згідно із ДСТУ 7847:2015 та загальноприйнятими в мікробіології методами [19; 20].

Інструменти з підтримкою штучного інтелекту (ChatGPT, Gemini) застосовувалися виключно для покращення граматики, формулювання та узгодженості тексту. Статистичну обробку даних проводили, використовуючи програму Microsoft Office Excel® 2010 для Microsoft Windows®. Середні значення порівнювали за допомогою дисперсійного аналізу (ANOVA) з  $p \leq 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

За результатами проведеного порівняльного мікологічного аналізу чисельності й структури мікобіоти ризосфери пшениці озимої встановлено, що застосування біопрепаратів Граундфікс та Азотохелп істотно змінювало мікоценоз ризосфери. У фазі ВВСН 61–69 загальна кількість грибів у 2021 році становила від 50,7 до 78,1 тис. КУО/г ґрунту. Серед них частка сапротрофних грибів від загальної кількості виділених видів коливалася в межах 63,6–94,7%, а патогенних — 5,3–36,4% (рис. 1).

Серед патогенних грибів у фазі ВВСН 61–69 переважна кількість належала *Fusarium graminearum* Schwabe, *F. oxysporum* (Schlecht.) Snyd. et Hans., *F. sporotrichioides* nom. nov. Bilai,



**Рис. 1.** Динаміка чисельності мікроміцетів ризосфери пшениці озимої за дії біопрепаратів, 2021 р.

Джерело: виконано на основі власних досліджень.

Примітка: 1 — контроль; 2 — Граундфікс (3 л/га), під передпосівну культивуацію; 3 — Азотохелп (3 л/га), під передпосівну культивуацію; 4 — Граундфікс (1,5 л/га) + Азотохелп (1,5 л/га), під передпосівну культивуацію; 5 — Азотохелп (1,5 л/т), обробка насіння; 6 — Азотохелп (1,5 л/т), обробка насіння + Азотохелп (0,5 л/га), у фазу весняного куцнення; 7 — Азотохелп (0,5 л/га), у фазу весняного куцнення.

*Alternaria alternata* (Fr.) Keissl. Ці види є збудниками фузаріозної кореневої гнилі та фузаріозу колоса, почорніння колоса і чорного зародка (гриби роду *Alternaria*). Найменшою частка фітопатогенів виявилась у варіанті із сумісним застосуванням Граундфіксу (1,5 л/га) + Азотохелпу (1,5 л/га) (4 тис. КУО/г ґрунту), що було в 4,6 раза менше, ніж у контрольному варіанті. Це можна пояснити біологічною активністю бактерій — складових біодобрих, зокрема родів *Bacillus* та *Raenibacillus* у складі Граундфіксу та *Agrobacterium pusense* (*Azotobacter chroococcum*) у складі Азотохелпу (табл. 1).

Відомо, що завдяки продукуванню біологічно активних речовин, індукції каскаду захисних реакцій і розвитку системного імунітету рослин, мікроорганізми, які є основою біопрепаратів, сприяють мінімізації шкідливого впливу за дії біотичних та абіотичних стресів, стимулюють ріст рослин у період вегетації і підвищують їхню продуктивність завдяки асиміляції елементів живлення [10; 13; 21; 22].

На відміну від контролю, у варіантах із біопрепаратами спостерігалось суттєве зростання частки сапротрофної мікобіоти, грибів-

антагоністів і відповідне зниження патогенних грибів, що свідчить про виражений біологічний ефект біопрепаратів. У варіанті із сумісним застосуванням Граундфіксу (1,5 л/га) + Азотохелпу (1,5 л/га) у фазу цвітіння виявилась найбільша частка сапрофітних мікроміцетів — 94,7%, в інших варіантах з окремим внесенням біопрепаратів — 64,7–85,8%, у контрольному варіанті — 63,6%. У варіанті з окремим внесенням Азотохелпу (3 л/т) також спостерігалась тенденція до зростання сапротрофної мікобіоти, але дещо менша, ніж за сумісного використання. Це вплинуло на зниження інфекційного навантаження в прикореневій зоні, а отже, опосередковано сприяло зменшенню втрат рослин у період виходу в трубку та колосіння [21].

Аналогічні закономірності виявлено в дослідженнях А. Ali, X. Liu, W. Yang та ін., які встановили, що застосування біодобрих на основі *Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens* і *Bacillus thuringiensis* сприяло збільшенню різноманітності видів ґрунтових грибів в агроценозі озимої пшениці [14].

Відомо, що види роду *Azotobacter* здатні безпосередньо впливати на ріст рослин, син-

Таблиця 1

**Родове співвідношення сапротрофної мікобіоти в ризосфері пшениці озимої сорту Богдана за дії біопрепаратів, 2021 р. (% від загальної кількості мікроміцетів)**

Варіант досліджу	Усього	Сапротрофних грибів із родів, %										
		<i>Penicillium</i>	<i>Trichoderma</i>	<i>Aspergillus</i>	<i>Raecyloomyces</i>	<i>Rhizopus</i>	<i>Absidia</i>	<i>Cladosporium</i>	<i>Mortierella</i>	<i>Mucor</i>	<i>Myrothecium</i>	<i>Gliocladium</i>
Фаза розвитку ВВСН 61–69												
1	63,6	18,1	26,4	0	0	10,1	0	4,0	0	3,0	0	2,0
2	64,7	5,9	29,3	0	5,9	5,9	0	0	0	5,9	5,9	5,9
3	85,8	57,3	21,4	0	0	7,1	0	0	0	0	0	0
4	94,7	52,4	21,1	0	0	0	5,3	10,6	5,3	0	0	0
Фаза розвитку ВВСН 83–89												
1	55,6	0	22,2	0	0	11,1	0	11,2	0	0	11,1	0
2	90,7	0	30,6	20,0	0	19,2	0	0	0	0	0	20,9
3	94,9	27,3	25,0	12,5	0	12,5	0	0	0	12,5	0	5,1
4	88,9	22,2	11,2	11,1	0	22,2	0	11,1	0	0	11,1	0
5	85,8	28,6	28,6	0	0	28,6	0	0	0	0	0	0
6	89,4	3,6	24,7	16,7	0	7,0	0	0	0	3,7	8,5	25,2
7	61,5	23,0	15,4	0	0	0	0	7,7	0	0	0	15,4

Джерело: сформовано на основі власних досліджень.

Примітка: 1 — контроль; 2 — Граундфікс (3 л/га), під передпосівну культивуацію; 3 — Азотохелп (3 л/га), під передпосівну культивуацію; 4 — Граундфікс (1,5 л/га) + Азотохелп (1,5 л/га), під передпосівну культивуацію; 5 — Азотохелп (1,5 л/т), обробка насіння; 6 — Азотохелп (1,5 л/т), обробка насіння + Азотохелп (0,5 л/га), у фазу весняного куцнення; 7 — Азотохелп (0,5 л/га), у фазу весняного куцнення.

тезуючи гормони росту, які можуть не тільки посилювати ріст і поглинання поживних речовин, але й опосередковано захищати рослини-господарі від фітопатогенів і стимулювати інші корисні мікроорганізми ризосфери [22].

Найбільша кількість грибів-антагоністів родів *Trichoderma*, *Raecilomyces* і *Gliocladium* спостерігалась у варіанті з окремим внесенням Граундфіксу (3 л/га) (відповідно 29,3 проти 21,1–26,4 тис. КУО/г ґрунту та 5,9 проти 2,0 тис. КУО/г ґрунту в інших варіантах), що пояснюється прямою та опосередкованою дією складових Граундфіксу. Так, застосування біопрепарату на основі *Azotobacter vinelandii* в агроценозі пшениці озимої сприяло мінералізації рослинних залишків, прискоренню процесів розкладання та послабленню їхніх механічних характеристик [23]. Отже, біопрепарати сприяли накопиченню в ґрунті мікроміцетів, які відомі своєю антифунгальною, антибактеріальною, нематоцидною та стимулювальною для росту дією [24].

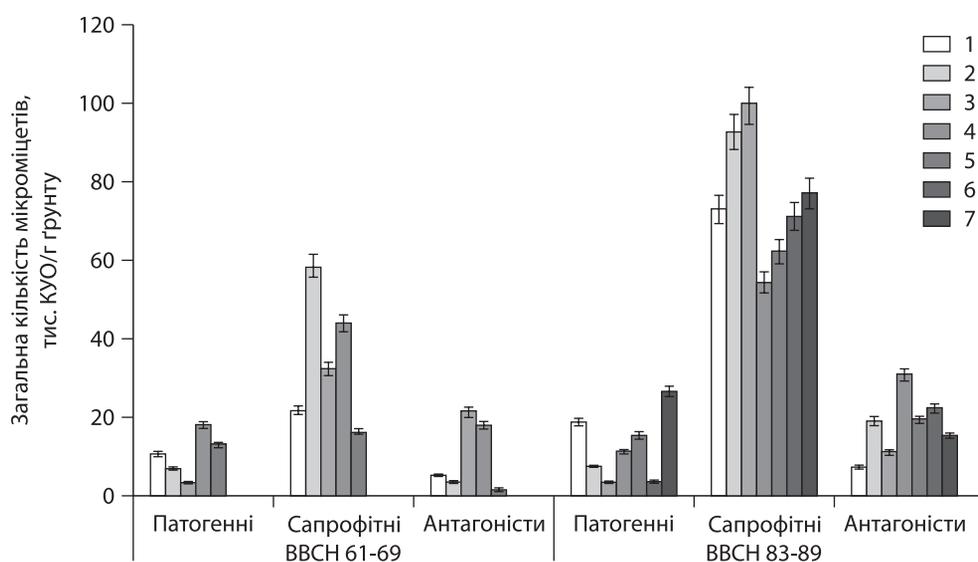
У фазі розвитку ВВСН 83–89 у контрольному варіанті та у варіанті з окремою обробкою насіння Азотохелпом (1,5 л/т) спостерігали зростання частки патогенних мікроміцетів. Водночас в інших варіантах дослідження біопрепаратів ця частка суттєво знижувалась. За дії біопрепаратів зберігалась висока частка сапротрофних та антагоністичних грибів, передусім родів *Trichoderma* та *Gliocladium*. Це свідчить про пролонгований захисний ефект біологічних агентів протягом періоду вегетації.

Загальна кількість мікроміцетів ризосфери пшениці озимої у 2022 році у фазі розвитку ВВСН 61–69 була нижчою та коливалася від 30,0 до 66,0 тис. КУО/г ґрунту, що пов'язано з гідротермічними умовами року. Серед них частка сапротрофних грибів від загальної кількості виділених видів була в межах 55,6–90,0%, а патогенних — 10,0–44,4% (рис. 2).

Спостерігали суттєве підвищення сапротрофів за впливу біопрепаратів, особливо Граундфіксу (3 л/га) (32,7–58,7 тис. КУО/г ґрунту проти 22,0 тис. КУО/г ґрунту в контрольному варіанті). Менш ефективним виявився варіант з окремою обробкою насіння Азотохелпом (1,5 л/т) (16,7 тис. КУО/г ґрунту). Найбільша кількість грибів-антагоністів спостерігалась у варіанті з окремим внесенням під передпосівну культивування Граундфіксу (3л/га) і Граундфіксу (1,5 л/га) + Азотохелпу (1,5 л/га) (відповідно 21,8 та 18,4 проти 1,9–5,5 тис. КУО/г ґрунту в інших варіантах).

Водночас застосування Азотохелпу (3 л/га) під передпосівну культивування призвело до збільшення частки роду *Trichoderma* в ґрунті на 60% порівняно з 5,6–29,4% в інших варіантах, що свідчить про формування високого рівня фунгістатичної активності ґрунту (табл. 2).

Порівняно з 2021 роком ефективність цього варіанту була нижчою, що можна пояснити несприятливими гідротермічними умовами. Аналогічну тенденцію впливу погодних умов спостерігали D. Latkovic та ін., у дослідженнях



**Рис. 2.** Динаміка чисельності мікроміцетів ризосфери пшениці озимої за дії біопрепаратів, 2022 р.

Джерело: виконано на основі власних досліджень.

Примітка: 1 — контроль; 2 — Граундфікс (3 л/га), під передпосівну культивування; 3 — Азотохелп (3 л/га), під передпосівну культивування; 4 — Граундфікс (1,5 л/га) + Азотохелп (1,5 л/га), під передпосівну культивування; 5 — Азотохелп (1,5 л/т), обробка насіння; 6 — Азотохелп (1,5 л/т), обробка насіння + Азотохелп (0,5 л/га), у фазу весняного кушення; 7 — Азотохелп (0,5 л/га), у фазу весняного кушення.

Таблиця 2

## Родове співвідношення сапротрофної мікобіоти в ризосфері пшениці озимої сорту Богдана за дії біопрепаратів, 2022 р. (% від загальної кількості мікроміцетів)

Варіант досліджу	Усього	Сапротрофних грибів із родів, %												
		<i>Penicillium</i>	<i>Absidia</i>	<i>Arthrinium</i>	<i>Trichoderma</i>	<i>Gliocladium</i>	<i>Mortierella</i>	<i>Aspergillus</i>	<i>Mucor</i>	<i>Rhizopus</i>	<i>Cladosporium</i>	<i>Verticillium</i>	<i>Aureobasidium</i>	<i>Scopulariopsis</i>
Фаза розвитку ВВСН 61–69														
1	66,7	0,0	0,0	0,0	16,7	0,0	0,0	33,4	8,3	0,0	8,3	0,0	0,0	0,0
2	88,9	22,0	0,0	5,6	5,6	16,7	5,6	11,1	0,0	5,6	16,7	0,0	0,0	0,0
3	90,0	0,0	0,0	30,0	60,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	70,6	0,0	11,8	23,5	29,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,9	0,0	0,0	0,0
5	55,6	22,3	0,0	0,0	0,0	11,1	0,0	11,1	0,0	0,0	0,0	11,1	0,0	0,0
Фаза розвитку ВВСН 83–89														
1	79,2	79,2	16,7	0,0	12,5	8,3	16,7	0,0	4,2	0,0	8,3	0,0	12,5	0,0
2	92,3	92,3	0,0	11,5	0,0	19,2	3,8	30,8	19,2	0,0	0,0	0,0	0,0	7,7
3	96,3	18,6	11,1	7,4	11,1	7,4	25,9	7,4	3,7	0,0	0,0	0,0	0,0	3,7
4	82,4	17,7	0,0	0,0	47,1	17,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	80,0	10,0	10,0	0,0	25,0	15,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,0
6	96,2	17,2	15,8	31,6	31,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	74,1	14,9	7,4	3,7	14,8	25,9	0,0	0,0	7,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Джерело: сформовано на основі власних досліджень.

Примітка: 1 — контроль; 2 — Граундфікс (3 л/га), під передпосівну культивування; 3 — Азотохелп (3 л/га), під передпосівну культивування; 4 — Граундфікс (1,5 л/га) + Азотохелп (1,5 л/га), під передпосівну культивування; 5 — Азотохелп (1,5 л/т), обробка насіння; 6 — Азотохелп (1,5 л/т), обробка насіння + Азотохелп (0,5 л/га), у фазу весняного кущення; 7 — Азотохелп (0,5 л/га), у фазу весняного кущення.

яких, за комбінованого застосування мікробних інокулянтів (N-фіксуєючих бактерій *Klebsiella planticola* та *Enterobacter* spp.) різних норм комплексних мінеральних добрив та їх комбінацій, найвищі значення родючості ґрунту були визначені в період із кращим розподілом опадів протягом вегетаційного періоду завдяки оптимальним значенням вологості ґрунту й температури повітря [11].

Аналіз видового складу мікроміцетів ризосфери пшениці озимої у фазах розвитку ВВСН 61–69 та 83–89 у 2021–2022 рр. показав стійку присутність як певних видів патогенної, так і сапротрофної мікобіоти.

До спільних патогенних видів, що траплялися в усі роки та фази розвитку пшениці озимої, належали *Fusarium graminearum*, *F. oxysporum* і *F. verticillioides*, що свідчить про їхню провідну роль у формуванні фітопатогенного фону агроценозу. Серед сапротрофних грибів стабільно виявляли представників родів *Penicillium* (*P. brevicompactum*, *P. canescens*), *Trichoderma* (*T. viride*, *T. harzianum*), *Cladosporium herbarum*, *Rhizopus stolonifer* та *Gliocladium*

*roseum*, які формують постійний мікологічний фон ризосфери.

Водночас для окремих років і фаз розвитку пшениці озимої було встановлено індивідуальні види, зокрема *Fusarium sporotrichioides*, *F. culmorum*, *Aureobasidium pullulans*, *Scopulariopsis brevicaulis*, *Arthrinium phaeospermum*, що з'являлися епізодично. Їх присутність зумовлена коливаннями гідротермічних умов, рівнем антропогенного навантаження та фізіологічним станом рослин у конкретні періоди вегетації.

Цікавим виявився і той факт, що у фазі цвітіння у 2022 році за використання як окремо, так і комбіновано Граундфіксу в ґрунті спостерігали гриби ряду *Mortierellales*, які відомі переважно своїм сапротрофним способом життя як ефективні деструктори складних органічних речовин, включаючи целюлозу, геміцелюлозу та лігнін. Деякі види *Mortierella* виробляють речовини, що стимулюють ріст рослин, такі як індол-3-оцтова кислота (IAA) та інші фітогормони, які сприяють розвитку кореневої системи та загальному росту рослин [25].

У фазі ВВСН 83–89 у 2022 році в контрольному варіанті спостерігалось збереження високої частки патогенних грибів (20,8%) порівняно з дією біодобрив (3,7–20,0%). У більшості варіантах із біодобривами домінували сапротрофні види (82,4–96,3% проти 79,2% у контрольному варіанті). Застосування Азотохелпу (3 л/га) під передпосівну культивуацію вплинуло на пригнічення патогенів як у фазі цвітіння (3,6 тис. КУО/г ґрунту порівняно з 7,3–18,4 тис. КУО/г ґрунту в інших варіантах), так і у фазі дозрівання насіння (3,8 тис. КУО/г ґрунту проти 7,8–27,0 тис. КУО/г ґрунту). S. Šeremešić та ін. досліддили, що за адаптованих стратегій сівозміни та обробітку ґрунту підвищений рівень органічної речовини й азоту корелював із більшою чисельністю та різноманітністю грибів [26].

Водночас у 2021 році ефективність окремих варіантів із застосуванням Азотохелпу була менш вираженою, що, ймовірно, зумовлено дією несприятливих гідротермічних умов вегетаційного періоду. Варіанти з окремою обробкою насіння Азотохелпом (1,5 л/т) або лише фоліарним внесенням препарату у фазі весняного кушення (0,5 л/га) характеризувалися помірною ефективністю та за окремими показниками не перевищували контроль.

Про пролонговану дію біопрепаратів свідчить і стабільно найвищий відсоток грибів-антагоністів — 11,5–31,3% проти 7,7% у контрольному варіанті. Ця тенденція простежувалася й у 2021 році у фазі дозрівання насіння пшениці озимої.

Отже, застосування Азотохелпу та Граундфіксу істотно вплинуло на зниження фітопатогенного фону ризосфери пшениці озимої в осінньо-зимовий період, що створювало передумови для розвитку кореневих гнилей, ослаблення рослин після перезимівлі та зрідження посівів, і сприяло розвитку сапротрофної мікобіоти й грибів-антагоністів, що забезпечило підвищену життєздатність рослин.

## ВИСНОВКИ

Встановлено, що використання поліфункціональних біопрепаратів Граундфікс та Азотохелп позитивно впливає на мікобіоту ризосфери пшениці озимої. Достовірне збільшення частки сапротрофних грибів і зниження частки фітопатогенних мікроміцетів у ризосфері рослин, переважно представлених збудниками кореневих гнилей, спостерігали за сумісного внесення Граундфіксу (1,5 л/га) + Азотохелпу (1,5 л/га) під передпосівну культивуацію у 2021 році (у 4,6 рази порівняно з контролем). Аналогічна дія, за більш сприйнятливих погодних умов, виявлена у 2022 році у варіантах з окремим підживленням ґрунту Азотохелпом (3 л/га) і Граундфіксом (3 л/га) та за комбінованого застосування Азотохелпу для обробки насіння (1,5 л/т) і фоліарного внесення у фазі весняного кушення (0,5 л/га).

Внесення Азотохелпу в дозі 3 л/га під передпосівну культивуацію сприяло істотному зростанню частки грибів роду *Trichoderma* у структурі мікобіоти ризосфери (до 60%), що свідчить про формування високого рівня фунгістатичної активності ґрунту. Це забезпечило ефективне пригнічення патогенних мікроміцетів як у фазі цвітіння (3,6 тис. КУО/г ґрунту проти 7,3–18,4 тис. КУО/г в інших варіантах), так і на пізніших етапах онтогенезу (ВВСН 83–89), де чисельність патогенів не перевищувала 3,8 тис. КУО/г ґрунту. Отримані результати підтверджують пролонгований стабілізуючий вплив біопрепаратів на мікробіоценоз ґрунту.

Посадження різних способів внесення поліфункціональних біопрепаратів Граундфікс та Азотохелп у технологіях вирощування пшениці озимої є екологічно доцільним, оскільки сприяє стабільному домінуванню сапротрофно-антагоністичних угруповань і пригніченню патогенної мікобіоти в ризосфері рослин, насамперед родів *Fusarium* та *Alternaria*, що мінімізує ризики розвитку кореневих гнилей, а саме фузаріозів та альтернаріозів.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Волкогон В. В. Значення мікроорганізмів для здоров'я ґрунтів та оптимізації формування біоценозів. *Фізіологія рослин і генетика*. 2024. Т. 56, № 1. С. 3–26. DOI: <https://doi.org/10.15407/frg2024.01.003>
2. Екологічна та біологічна безпека України: колективна монографія / О. І. Дребот та ін.; за наук. ред. О. І. Дребот, А. І. Парфенюк. Київ: Видавництво НУБІП України, 2022. 322 с.
3. Дем'янюк О. С., Шерстобоева О. В., Ткач Є. Д. Функціональна структура мікробних угруповань чорнозему глибокого за впливу гідротермічних і трофічних чинників. *Мікробіологічний журнал*. 2018. Т. 80, № 6. С. 94–108. DOI: <https://doi.org/10.15407/microbiolj80.06.094>
4. Лішук А. М., Парфенюк А. І., Городиська І. М. та ін. Основні важелі управління екологічними ризиками в агроценозах. *Агроєкологічний журнал*. 2022. № 2. С. 74–85. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2022.263320>
5. Kosovska N., Boroday V. V., Parfenyuk A. et al. Ecological control of phytopathogenic micromycetes in agrocenoses of Ukraine. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2025. Vol. 26, iss. 12. P. 263–273. DOI: <https://doi.org/10.12912/27197050/214283>
6. Chen Q., Song Y., An Y. et al. Soil microorganisms: their role in enhancing crop nutrition and health. *Diversity*. 2024. Vol. 16, iss. 12. 734. DOI: <https://doi.org/10.3390/d16120734>

7. Živančev D., Janić Hajnal E., Stojanović Z. et al. Comparison of wheat quality, antioxidant activity, and mycotoxins under organic and conventional farming. *Processes*. 2025. Vol. 13, iss. 12. 3938. DOI: <https://doi.org/10.3390/pr13123938>
8. Meena D. C., BIRTHAL P. S., Kumara T. M. K. Biostimulants for sustainable development of agriculture: a bibliometric content analysis. *Discover Agriculture*. 2025. Vol. 3. 2. DOI: <https://doi.org/10.1007/s44279-024-00149-5>
9. Bargaz A., Lyamlouli K., Chtouki M. et al. Soil microbial resources for improving fertilizers efficiency in an integrated plant nutrient management system. *Frontiers in Microbiology*. 2018. Vol. 9. 1606. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01606>
10. Mažylytė R., Kailiuvienė J., Mažonienė E. et al. The co-inoculation effect on *Triticum aestivum* growth with synthetic microbial communities (SynComs) and their potential in agrobiotechnology. *Plants*. 2024. Vol. 13, iss. 12. 1716. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants13121716>
11. Fukami J., Nogueira M. A., Araujo R. S., Hungria M. Accessing inoculation methods of maize and wheat with *Azospirillum brasilense*. *AMB Express*. 2016. Vol. 6. 3. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13568-015-0171-y>
12. Kumar A., Maurya B., Raghuvanshi R. Isolation and characterization of PGPR and their effect on growth, yield and nutrient content in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. 2014. Vol. 3. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2014.08.003>
13. Latkovic D., Maksimovic J., Dinic Z. et al. Case study upon foliar application of biofertilizers affecting microbial biomass and enzyme activity in soil and yield related properties of maize and wheat grains. *Biology*. 2020. Vol. 9, iss. 12. 452. DOI: <https://doi.org/10.3390/biology9120452>
14. Ali A., Liu X., Yang W. et al. Impact of bio-organic fertilizer incorporation on soil nutrients, enzymatic activity, and microbial community in wheat–maize rotation system. *Agronomy*. 2024. Vol. 14, iss. 9. 1942. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy14091942>
15. Волкогон В. В., Потапенко Л. В., Дімова С. Б. та ін. Біологічні фактори оптимізації систем удобрення сільськогосподарських культур у сівозміні. *Вісник аграрної науки*. 2021. Т. 99, вип. 11. С. 33–41. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202111-04>
16. Wachowska U., Waśkiewicz A., Jędryczka M. Using a protective treatment to reduce *Fusarium* pathogens and mycotoxins contaminating winter wheat grain. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2017. Vol. 26, no. 5. P. 2277–2286. DOI: <https://doi.org/10.15244/pjoes/67747>
17. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф., Івашук П. В., Корнійчук О. В. Рослинництво: технології вирощування сільськогосподарських культур. Львів: НВФ “Укр. технології”, 2010. 1088 с.
18. Виробництво насіння пшениці озимої та ярої (методичні рекомендації) / за ред. А. А. Сіроштана, В. П. Кавунця. Миронівка, 2021. 49 с.
19. ДСТУ 7847:2015. Якість ґрунту. Визначення чисельності мікроорганізмів у ґрунті методом посіву на тверде (агаризоване) живильне середовище. Чинний від 2016.07.01. Вид. офіц. Київ: ДП “УкрНДНЦ”, 2015. 15 с.
20. Експериментальна ґрунтова мікробіологія: монографія / В. В. Волкогон та ін.; за ред. д-ра с.-г. наук В. В. Волкогона. Київ: Аграрна наука, 2010. 463 с.
21. Yakovenko D. O., Boroday V. V., Bolokhovska V. A. Directionality of microbiological processes in the rhizosphere of winter wheat under the influence of biological products Azotohelp® and Groundfix®. Modern agronomy trends: innovation, sustainable development and the future of agriculture. Riga: Baltija Publishing. 2024. P. 434–458. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-588-4-18>
22. Aasfar A., Bargaz A., Yaakoubi K. et al. Nitrogen fixing *Azotobacter* species as potential soil biological enhancers for crop nutrition and yield stability. *Frontiers in Microbiology*. 2021. Vol. 12. P. 628379. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.628379>
23. Vaitauskienė K., Šarauskis E., Romaneckas K., Algirdas J. Design, development and field evaluation of row-cleaners for strip tillage in conservation farming. *Soil and Tillage Research*. 2017. Vol. 174. P. 139–146. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2017.07.006>
24. Moreno-Gavira A., Diánez F., Sánchez-Montesinos B., Santos M. Biocontrol effects of *Paecilomyces variotii* against fungal plant diseases. *Journal of Fungi*. 2021. Vol. 7, iss. 6. 415. DOI: <https://doi.org/10.3390/jof7060415>
25. Ozimek E., Hanaka A. *Mortierella* species as the plant growth-promoting fungi present in the agricultural soils. *Agriculture*. 2021. Vol. 11, iss. 1. 7. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture11010007>
26. Šeremešić S., Tančić Živanov S., Rajković M. et al. Exploring fungal biodiversity in crop rotation systems: impact of soil fertility and winter wheat cropping. *Plants*. 2025. Vol. 14, iss. 1. 65. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants14010065>

## MICROBIOTA OF THE RHIZOSPHERE OF WINTER WHEAT UNDER THE ACTION OF BIOLOGICAL PRODUCTS AZOTOHELP AND GROUNDFIX

**Yakovenko D.**

Postgraduate Student

Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS (Kyiv, Ukraine)

BTU Biotech Company (Kyiv, Ukraine)

e-mail: [d.yakovenko@btu-center.com](mailto:d.yakovenko@btu-center.com); ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0008-8239-7684>

**Borodai V.**

Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor  
Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS (Kyiv, Ukraine)  
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (Kyiv, Ukraine)  
e-mail: veraboro@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8787-8646>

The study investigated changes in the abundance and structure of the rhizosphere mycobiota of winter wheat using different methods of applying the multifunctional biological products Groundfix® and Azotohelp®. The research was conducted in the experimental field of the Khmelnytskyi State Agricultural Research Station of the Institute of Feed and Agriculture of Podillia (SARS IFAP). The most favourable ratio of saprotrophic and pathogenic fungi in the BBCH 61–69 development phase of winter wheat was formed in the variant with the combined application of Groundfix (1.5 l/ha) + Azotohelp (1.5 l/ha). In this variant, the proportion of phytopathogens was the lowest (4 thousand CFU/g of soil), which was 4.6 times less than in the control variant, and the proportion of saprotrophic mycobiota was 94.7%, in the other variants with separate application of biological products — 64.7–85.8%, in the control variant — 63.6%. The treatment with Azotohelp (1.5 l/t) + foliar spraying with Azotohelp (0.5 l/ha) in the spring tillering phase was close in enhancing soil biological activity to this variant in terms of effectiveness. The largest number of antagonistic fungi of the genera *Trichoderma* and *Glucidium* in the rhizosphere of wheat was observed applying biological products during pre-sowing cultivation. The use of Azotohelp (3 l/ha) for pre-sowing cultivation led to an increase in the proportion of the genus *Trichoderma* by 60% compared to 5.6–29.4% in other variants, which indicates the formation of a high level of fungistatic activity of the soil and affected the suppression of pathogens both in the flowering phase (3.6 thousand CFU/g of soil compared to 7.3–18.4 thousand CFU/g of soil in other variants) and in the development phase of BBCH 83–89 (3.8 thousand CFU/g of soil versus 7.8–27.0 thousand CFU/g of soil). The effectiveness of this variant during the wheat growing season in 2021 was lower, which can be explained by unfavourable hydrothermal conditions.

**Keywords:** *Triticum aestivum* L., rhizosphere, agrocenoses, microorganisms, phytopathogens, antagonists, microbial preparations.

## REFERENCES

- Volkogon, V. V. (2024). The significance of microorganisms for soil health and optimization of the formation of biocenoses. *Plant Physiology and Genetics*, 56(1), 3–26. doi: 10.15407/frg2024.01.003
- Drebot, O. I., Tertychna, O. V., Hluschenko, L. A., Lishchuk, A. M., Parfeniuk, A. I., Borodai, V. V., ... Yakovenko, D. O. (2022). In O. I. Drebot & A. I. Parfeniuk (Eds.), *Ecological and biological safety of Ukraine* [Collective monograph]. Kyiv: Publishing House of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine.
- Demyanyuk, O. S., Sherstoboeva, O. V., & Tkach Ye. (2018). Functional structure of microbial communities of deep chernozem under the influence of hydrothermic and trophic factors. *Microbiological Journal*, 80(6), 94–108. doi: 10.15407/microbiolj80.06.094
- Lishchuk, A. M., Parfeniuk, A. I., Horodyska, I. M., Borodai, V. V., & Draha, M. V. (2022). The main levers of environmental risk management in agrocenoses. *Agroecological Journal*, 2, 74–85. doi: 10.33730/2077-4893.2.2022.263320
- Kosovska, N., Borodai, V., Parfenyuk, A., Lishchuk, A., Tertychna, O., Horodyska, ... Khitrenko, T. (2025). Ecological control of phytopathogenic micromycetes in agrocenoses of Ukraine. *Ecological Engineering and Environmental Technology*, 26(12), 263–273. doi: 10.12912/27197050/214283
- Chen, Q., Song, Y., An, Y., Lu, Y., & Zhong, G. (2024). Soil microorganisms: Their role in enhancing crop nutrition and health. *Diversity*, 16(12), 734. doi: 10.3390/d16120734
- Živančev, D., Janić Hajnal, E., Stojanović, Z., Đurović, A., Aćin, V., Grahovac, N., ... Nićetin, M. (2025). Comparison of wheat quality, antioxidant activity, and mycotoxins under organic and conventional farming. *Processes*, 13(12), 3938. doi: 10.3390/pr13123938
- Meena, D. C., BIRTHAL, P. S. & Kumara, T. M. K. (2025). Biostimulants for sustainable development of agriculture: A bibliometric content analysis. *Discover Agriculture*, 3(2). doi: 10.1007/s44279-024-00149-5
- Bargaz, A., Lyamlouli, K., Chtouki, M., Zeroual, Y., & Dhiba, D. (2018). Soil Microbial resources for improving fertilizers efficiency in an integrated plant nutrient management system. *Frontiers in Microbiology*, 9, 1606. doi: 10.3389/fmicb.2018.01606
- Mažylytė, R., Kailiuvienė, J., Mažonienė, E., Orola, L., Kaziūnienė, J., Mažylytė, K., ... Gegeckas, A. (2024). The co-inoculation effect on *Triticum aestivum* growth with synthetic microbial communities (SynComs) and their potential in agrobiotechnology. *Plants*, 13(12), 1716. doi:10.3390/plants13121716
- Fukami, J., Nogueira, M. A., Araujo, R. S. & Hungria, M. (2016). Accessing inoculation methods of maize and wheat with *Azospirillum brasilense*. *AMB Express*, 6(3). doi:10.1186/s13568-015-0171-y
- Kumar, A., Maurya, B., & Raghuwanshi, R. (2014). Isolation and characterization of PGPR and their effect on growth, yield and nutrient content in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 3. doi: 10.1016/j.bcab.2014.08.003
- Latkovic, D., Maksimovic, J., Dinic, Z., Pivic, R., Stanojkovic, A., & Stanojkovic-Sebic, A. (2020). Case study upon foliar application of biofertilizers affecting microbial biomass and enzyme activity in soil and yield related properties of maize and wheat grains. *Biology*, 9(12), 452. doi: 10.3390/biology9120452
- Ali, A., Liu, X., Yang, W., Li, W., Chen, J., Qiao, Y., ... Yang, Z. (2024). Impact of bio-organic fertilizer incorpora-

- tion on soil nutrients, enzymatic activity, and microbial community in wheat — maize rotation system. *Agronomy*, 14(9), 1942. doi: 10.3390/agronomy14091942
15. Volkohon, V. V., Potapenko, L. V., Dimova, S. B., Volkohon, K. I., & Khalep Yu. M. (2021). Biological factors for optimising fertilisation systems for agricultural crops in crop rotation. *Bulletin of Agricultural Science*, 99(11), 33–41. doi: 10.31073/agrovisnyk202111-04
  16. Wachowska, U., Waśkiewicz, A., & Jędrzycka, M. (2017). Using a protective treatment to reduce fusarium pathogens and mycotoxins contaminating winter wheat grain. *Polish Journal of Environmental Studies*, 26(5), 2277–2286. doi: 10.15244/pjoes/67747
  17. Lykhochvor, V. V., Petrychenko, V. F., Ivashchuk, P. V., & Korniiichuk, O. V. (2010). *Plant growing: technologies for growing agricultural crops*. Lviv: SPF “Ukrainian Technologies”.
  18. Sirostan A. A., & Kavunts V. P. (Eds.). (2021). *Production of winter and spring wheat seeds* [Methodological recommendations]. Myronivka.
  19. DSTU 7847:2015. (2015). Soil quality. Determination of the number of microorganisms in soil by sowing on a solid (agarised) nutrient medium. Kyiv: State Enterprise “UkrSRSC”.
  20. Volkohon, V. V., Nadkernychna, O. V., Tokmakova, L. M., Melnychuk, T. M., Chaykovska, L. O., Nadkernychnyy, S. P., ... Didovych, S. V. (2010). In V. V. Volkohon (Ed.), *Experimental soil microbiology*. Kyiv: Agrarian Science.
  21. Yakovenko D. O., Boroday V. V., Bolokhovska V. A. (2024). Directionality of microbiological processes in the rhizosphere of winter wheat under the influence of biological products Azotohelp® and Groundfix®. In *Modern Agronomy Trends: Innovation, Sustainable Development and the Future of Agriculture*. Riga: Baltija Publishing. doi: 10.30525/978-9934-26-588-4-18
  22. Aasfar, A., Barga, A., Yaakoubi, K., Hilali, A., Bennis, I., Zeroual, Y., & Meftah Kadmiri, I. (2021). Nitrogen fixing *Azotobacter* species as potential soil biological enhancers for crop nutrition and yield stability. *Frontiers in Microbiology*, 12, 628379. doi: 10.3389/fmicb.2021.628379
  23. Vaitauskienė, K., Šarauškas, E., Romaneckas, K., & Algirdas, J. (2017). Design, development and field evaluation of row-cleaners for strip tillage in conservation farming. *Soil and Tillage Research*, 174, 139–146. doi: 10.1016/j.still.2017.07.006
  24. Moreno-Gavira, A., Diáñez, F., Sánchez-Montesinos, B., & Santos, M. (2021). Biocontrol effects of *Paecilomyces variotii* against fungal plant diseases. *Journal of Fungi*, 7(6), 415. doi: 10.3390/jof7060415
  25. Ozimek, E., & Hanaka, A. (2021). *Mortierella* species as the plant growth-promoting fungi present in the agricultural soils. *Agriculture*, 11(1), 7. doi: 10.3390/agriculture11010007
  26. Šeremešić, S., Tančić Živanov, S., Rajković, M., Aćin, V., Milić, S., Babec, B., & Jovanović, S. (2025). Exploring fungal biodiversity in crop rotation systems: impact of soil fertility and winter wheat cropping. *Plants*, 14(1), 65. doi: 10.3390/plants14010065

### ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

**ЯКОВЕНКО Дмитро Олексійович** — аспірант, Інститут агроекології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна, 03143); керівник міжнародного департаменту, біотехнологічна компанія BTU (вул. Ак. Амосова, 1/34, с. Софіївська Борщагівка, Бучанський р-н, Київська обл., Україна, 08138; e-mail: dyakovenko@btu-center.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0008-8239-7684>).

**БОРОДАЙ Віра Віталіївна** — доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Інститут агроекології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна, 03143); доцент, Національний університет біоресурсів і природокористування України (вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, Україна, 03041; e-mail: veraboro@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8787-8646>).