

## ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ БІОПРЕПАРАТІВ ГРАУНДФІКС, АЗОТОХЕЛП, ЛИПОСАМ ТА ОРГАНІК-БАЛАНС У ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ТА КУКУРУДЗИ

**В. А. Болоховська**

кандидат технічних наук

Біотехнологічна компанія BTU (м. Київ, Україна)

e-mail: valent2006@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0005-2728-4589>

**О. В. Нагорна**

Біотехнологічна компанія BTU (м. Київ, Україна)

e-mail: olganova2008@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0001-6628-9383>

**Д. О. Яковенко**

аспірант

Інститут агроєкології і природокористування НААН (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>

**Л. А. Янсе**

доктор біологічних наук, член-кореспондент НААН України,

старший науковий співробітник

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

Національна академія аграрних наук України (м. Київ, Україна)

e-mail: liliya.janse@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2567-5907>

**В. В. Бородай**

доктор сільськогосподарських наук, доцент

Інститут агроєкології і природокористування НААН (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>

Установлено економічну доцільність застосування біопрепаратів в агроценозах пшениці озимої та кукурудзи в умовах Лісостепу України. Узагальнення результатів економічної оцінки за 2021–2023 рр. показало, що використання біопрепаратів на посівах пшениці озимої в умовах північно-західної частини Правобережного Лісостепу України забезпечувало стабільно позитивний економічний ефект: середній умовно чистий прибуток становив 2 472–4 439 грн/га, а середня рентабельність додаткових витрат — 230–549%. Сумісне застосування Граундфіксу (1,5 л/га) + Азотохелпу (1,5 л/га) під передпосівну культивуацію та комбінування обробки насіння Азотохелпом (1,5 л/т) + обробки рослин у фазу весняного куцання Азотохелпом (0,5 л/га) забезпечили високу агрономічну ефективність та економічну доцільність комбінованого застосування біопрепаратів. Найбільш агрономічно й економічно доцільним за вирощування кукурудзи в умовах Північно-східного Лісостепу в середньому за 2021–2023 рр. виявився варіант із застосуванням Азотохелпу (0,5 л/га), який забезпечив найвищу врожайність (10,7 т/га проти 9,5–10,2 т/га у решти варіантів, 9,3 т/га — на контролі), високі показники умовно чистого прибутку (8 916 грн/га) й середньої рентабельності додаткових витрат (2 972%). У роки з достатнім або надмірним зволоженням (2022 р.) економічна ефективність сумісного фоліарного застосування біопрепаратів Органік-Баланс (0,5 л/га) + Азотохелп (0,3 л/га) + Липосам (0,25 л/га) та окремого внесення Органік-Балансу (0,5 л/га) знижувалася. Водночас у посушливі роки (2021 і 2023) їх застосування забезпечувало істотний додатковий дохід з одиниці площі, підвищувало стабільність формування врожаю та економічну надійність технології вирощування кукурудзи. Застосування біопрепаратів Граундфікс, Азотохелп, Органік-Баланс і Липосам на основі рістстимулювальних, азотфіксувальних, фосфор- і каліймобілізувальних бактерій та їхніх метаболітів є агрономічно й економічно доцільним елементом технології вирощування зернових культур.

**Ключові слова:** зернові культури, агроценози, умовно чистий прибуток, рентабельність, урожайність, біостимулятори, біодобрива, біоприлипачі.

## ВСТУП

Пшениця м'яка озима (*Triticum aestivum* L.) та кукурудза звичайна (*Zea mays* L.) є одними з головних зернових продовольчих культур, що посідають важливе місце серед продуктів харчування в майже 50 країнах світу (їхній сегмент становить понад 44,3% ринку всіх культур), зокрема і в Україні [1]. У зв'язку із цим збільшення валового виробництва зерна цих культур є основним стратегічним завданням, особливо в умовах воєнного стану, що забезпечить продовольчу й економічну безпеку України.

Екологічний стан сучасного землеробства характеризується високим рівнем антропогенного тиску на агроєкосистеми. Упровадження сталих сільськогосподарських практик стає дедалі важливішим для вирішення глобальних проблем продовольчої безпеки й охорони навколишнього середовища, а мікробні біоінокулянти — перспективним підходом до збереження здоров'я ґрунту та сприяння сталому виробництву сільськогосподарських культур [2].

**Мета дослідження** — визначити економічну ефективність застосування біопрепаратів Граундфікс, Азотохелп, Липосам та Органік-Баланс в агроценозах пшениці озимої та кукурудзи в умовах Лісостепу України.

## АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Одним з ефективних екологічних підходів до зменшення залежності від мінеральних добрив у сільськогосподарському виробництві за збереження високої продуктивності зернових культур є застосування мікробних інокулянтів і біодобрив як елемента технології [3; 4].

Зокрема, встановлено, що інокуляція культур штамами *Azospirillum brasilense* дає змогу скоротити норми внесення азотних добрив на 25% без втрати продуктивності. Ефективність колонізації рослинних тканин при цьому корелює зі способом внесення: позакоренева обробка сприяє активному заселенню філосфери, тоді як ґрунтова інокуляція забезпечує розвиток діазотрофів у ризосфері й кореневій системі [5].

Значний потенціал у покращенні фосфорного живлення рослин демонструють фосфатомобілізувальні бактерії (*Bacillus megaterium*, *Arthrobacter chlorophenolicus* та *Enterobacter* spp.), застосування яких сприяє інтенсифікації поглинання доступних форм фосфору, що призводить до суттєвого підвищення врожайності як у модельних, так і в польових умовах [6].

Інтеграція бактеріальних препаратів у системи живлення зернових культур стимулює розвиток ґрунтової мікробіоти, що забезпечує пролонговане надходження поживних речовин [7–9]. Окрему увагу привертає синергіч-

ний ефект від поєднання мінеральних добрив із консорціумами азотфіксувальних бактерій (*Klebsiella planticola* та *Enterobacter* spp.), що не лише позитивно впливає на врожайність пшениці та кукурудзи, а й покращує якісні показники продукції, зокрема збільшує вміст білка й акумуляцію макроелементів (N, P, K) у зерні [7]. Інокуляція *Azotobacter chroococcum* збільшує вміст загального азоту й загального фосфору в рослинах кукурудзи порівняно з неінокульованим контрольним варіантом [10].

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження ефективності біопрепаратів в агроценозі пшениці озимої проводили протягом 2020–2023 рр. в умовах північно-західної частини Правобережного Лісостепу України на дослідній станції Хмельницької ДСГДС ІКСГП НААН (с. Самчики Старокостянтинівського р-ну Хмельницької обл.).

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/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) — 20,8–22,6 та 8–12 мг на 100 г відповідно.

Дослідження ефективності біопрепаратів в агроценозі кукурудзи проводили протягом 2021–2023 рр. в умовах Північно-східного Лісостепу на дослідній станції Інституту сільського господарства Північного Сходу НААН (с. Сад Сумського р-ну Сумської обл.).

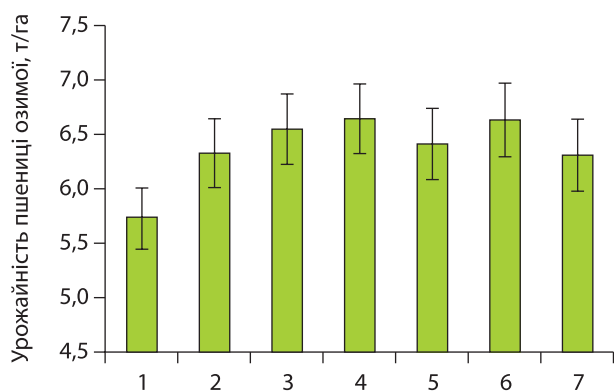
Ґрунт дослідних ділянок — чорнозем типовий малогумусний слабовилугуваний крупнопилуватий середньосуглинковий. Уміст гумусу (за Тюрнімом) — 4,2–4,8%, рН сольове — 6,0, рН водне — 7,9, уміст легкогідролізованого азоту (за Корнфілдом) — 107, рухомих сполук P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> і K<sub>2</sub>O (за Чириковим) — 62,7 і 67,5 мг на 1 кг ґрунту відповідно. Гранулометричний склад ґрунту (за Качинським) — крупнопилувато-середньосуглинковий: у шарі 0–20 см фізичної глини (часток 0,05–0,01 мм) — 49,1–52,1%, мулу (часток менше ніж 0,001 мм) — 23,4–25,5%.

Досліджували біопрепарати Граундфікс, Азотохелп, Липосам та Органік-Баланс (ВТУ, Україна). До складу біопрепарату Граундфікс входять такі мікроорганізми: *Bacillus velezensis* (*B. subtilis*), *B. subtilis*, *Priestia megaterium* (*B. megaterium* var. *phosphaticum*), *Agrobacterium*

*pusense* (*Azotobacter chroococcum*), *Agr. salinitolerans* (*Enterobacter*), *Paenibacillus polymyxa* (титр  $0,5\text{--}1,5 \times 10^9$  КУО/см<sup>3</sup>). Основою біопрепарату Азотохелп є азотфіксувальні бактерії *Agrobacterium pusense* (*Azotobacter chroococcum*) та біологічно активні продукти їхньої життєдіяльності (титр  $1,0 \times 10^9$  КУО/см<sup>3</sup>). Липосам містить оліго- і полісахариди мікробного походження й біологічно активні сполуки. Органік-Баланс містить азотфіксувальні, фосфор- і каліймобілізувальні бактерії *Bacillus velezensis* (*Bacillus subtilis*), *Agrobacterium pusense* (*Azotobacter chroococcum*), *Paenibacillus polymyxa*, *Enterococcus hirae* (*Enterococcus faecium*), *Lactobacillus delbrueckii* sp. *bulgaricus*, що стимулюють ріст рослин, і біологічно активні сполуки (титр  $1,0 \times 10^9$  КУО/см<sup>3</sup>).

У досліді вивчали елементи технології вирощування пшениці озимої сорту Богдана (селекції Інституту фізіології рослин і генетики НАН України). Дослідження проводили за такою 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.

Рослини кукурудзи гібрида Трістан ФАО 270 (оригіна́тор — український центр селекції кукурудзи — компанія Mais Dnipro) обробляли



**Рис. 1.** Урожайність пшениці озимої за впливу біопрепаратів, т/га (2021–2023 рр.)

Джерело: розроблено авторами 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.

біопрепаратами у фазі 3–5 листків (ВВСН 13–15). Дослідження проводили за такою схемою: 1 — контроль; 2 — Органік-Баланс (0,5 л/га); 3 — Азотохелп (0,5 л/га); 4 — Липосам (0,5 л/га); 5 — комплекс “Stop Стрес” (Органік-Баланс (0,5 л/га) + Азотохелп (0,3 л/га) + Липосам (0,25 л/га)).

Досліди виконували згідно із загальноприйнятими методиками проведення досліджень у землеробстві [11; 12].

Середню рентабельність додаткових витрат розраховували як відношення середнього умовно чистого прибутку до середніх витрат на застосування біопрепаратів і їх внесення. Для аналізу економічної ефективності вирощування пшениці озимої й кукурудзи використовували чинні в сільськогосподарських підприємствах закупівельні ціни та вартість біопрепаратів станом на вересень 2020–2023 рр. Економічну ефективність вирощування пшениці визначали за загальноприйнятою методикою [13].

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

Установлено економічну доцільність застосування біопрепаратів в агроценозах пшениці озимої та кукурудзи в умовах Лісостепу України.

Застосування біопрепаратів за вирощування пшениці озимої в середньому за 2021–2023 рр. на фоні мінерального живлення  $N_{70-90}P_{60}K_{60}$  зумовило підвищення врожайності рослин (рис. 1).

Найвищі показники врожайності отримано за внесення під передпосівну культивуацію Граундфіксу (1,5 л/га) + Азотохелпу (1,5 л/га) та обробки насіння Азотохелпом (1,5 л/т) + обробки рослин у фазу весняного куцнення Азотохелпом (0,5 л/га) — 6,65 і 6,63 т/га відповідно, у решти варіантів — 6,30–6,55 т/га, на контролі — 5,73 т/га. За їх використання приріст до контролю становив 15,76–16,06% проти 10,01–14,31% у решти варіантів. Така закономірність щодо врожайності рослин спостерігалася як у 2021 та 2023 рр., незважаючи на складні гідротермічні умови, так і у 2022 році за кращих гідротермічних умов. Це зумовило отримання найвищого середнього умовно чистого прибутку — 4 187,1–4 439,0 грн/га (у решти варіантів — 2 472,3–3 647,4 грн/га) (табл. 1).

Сумісне внесення Граундфіксу й Азотохелпу та обробка насіння Азотохелпом позитивно вплинули на розвиток основних екологічних груп мікобіоти ризосфери пшениці

Таблиця 1

## Узагальнена економічна ефективність застосування біопрепаратів на посівах пшениці озимої (2021–2023 рр.)

Варіант досліджу	Умовно чистий прибуток, грн/га			Середній умовно чистий прибуток, грн/га	Середні додаткові витрати на застосування препаратів, грн/га	Середня рентабельність додаткових витрат, %
	2021 р.	2022 р.	2023 р.			
2	3 227,0	2 336	1 854	2 472,3	1 076,0	230
3	4 649,3	2 809	3 484	3 647,4	1 220,0	298
4	6 417,9	3 920	2 979	4 439,0	1 153,0	385
5	5 838,0	1 406	3 405	3 549,7	647,2	549
6	6 091,4	3 406	3 064	4 187,1	1 267,7	330
7	3 076,7	3 540	1 909	2 841,9	553,8	513

Джерело: сформовано авторами 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 кушення; 7 — Азотохелп (0,5 л/га), у фазу весняного кушення.

озимої, ріст і розвиток рослин, сприяли кращому формуванню елементів урожаю, а додаткове підживлення рослин Азотохелпом у фазу весняного кушення сприяло підвищенню їхньої стійкості до стресових кліматичних чинників [14].

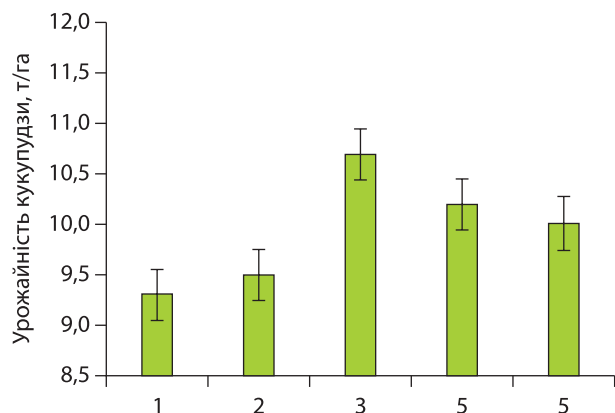
Середні додаткові витрати на сумісне застосування препаратів Граундфіксу (1,5 л/га) + Азотохелпу (1,5 л/га) під передпосівну культивуацію та обробку насіння Азотохелпом (1,5 л/т) + обробку рослин у фазу весняного кушення Азотохелпом (0,5 л/га) становили 1 153,0–1 267,7 грн/га, що було вище за витрати на окреме застосування. Тому середня рентабельність додаткових витрат у цих варіантах становила 385 і 330% відповідно (за окремого внесення Азотохелпу (1,5 л/т) для обробки насіння та Азотохелпу (0,5 л/га) для обробки рослин у фазу весняного кушення — 513 і 549% відповідно, у решти варіантів — 230–298%). Висока рентабельність додаткових витрат за окремого внесення Азотохелпу на різних етапах розвитку рослин зумовлена низькими середніми додатковими витратами на застосування препаратів. Однак у цих варіантах внесення вплив на біологічну активність мікроорганізмів ризосфери пшениці озимої, розвиток біометричних показників, формування продуктивності та врожайності рослин виявився найменшим. Отже, попри високі відсотки рентабельності, застосування Азотохелпу (1,5 л/т) для обробки насіння та застосування Азотохелпу (0,5 л/га) у фазу весняного кушення значно поступають за агрономічними показниками, мають невисоку врожайність і не забезпечують максимального використання біологічного потенціалу рослин.

Окрім високої рентабельності, при економічній оцінці необхідно враховувати не лише відносні, а й абсолютні агрономічні й економічні показники, як-от приріст врожайності та умовно чистий прибуток. Незважаючи на дещо вищу собівартість технології, за комплексом агрономічних та економічних показників, впливом на мікробіологічну активність ризосфери, ростові процеси й формування продуктивності, найбільш економічно доцільними є внесення під передпосівну культивуацію Азотохелпу (3 л/га), Граундфіксу (1,5 л/га) + Азотохелпу (1,5 л/га) та обробка насіння Азотохелпом (1,5 л/т) + обробка рослин Азотохелпом (0,5 л/га) у фазу весняного кушення.

Аналогічні дані отримали J. Fukami, M. A. Nogueira, R. S. Araujo й M. Hungria. Застосування позакореневого обприскування штамами *Azospirillum brasilense* ініціює інтенсивне заселення філосфери, тоді як їх інтродукція в ґрунт забезпечує формування стійких популяцій діазотрофів у ризосфері та ендосфері кореневої системи. Це дає змогу знизити обсяги застосування мінеральних добрив на 25% при збереженні стабільних показників урожайності [5].

В. А. Нікорич встановив, що використання комплексу багатофункціональних мікробних біопрепаратів Мікофренд, Граундфікс та Екостерн забезпечило значне зростання вмісту рухомого фосфору, біологічної активності ґрунту у 3–5 разів, зниження ураження рослин збудниками жовтої іржі й піренефорозу та значний позитивний економічний ефект (+1 654,56 грн/га) [15].

Застосування біопрепаратів на основі азотфіксувальних, фосфор- і каліймобілізувальних



**Рис. 2.** Урожайність кукурудзи (т/га) за впливу біопрепаратів (2021–2023 рр.)

Джерело: розроблено авторами на основі власних досліджень.

Примітка: 1 — контроль; 2 — Органік-Баланс (0,5 л/га), обробка рослин у фазу 3–5 листків; 3 — Азотохелп (0,5 л/га), обробка рослин у фазу 3–5 листків; 4 — Липосам (0,5 л/га), обробка рослин у фазу 3–5 листків; 5 — Органік-Баланс (0,5 л/га) + Азотохелп (0,3 л/га) + Липосам (0,25 л/га), обробка рослин у фазу 3–5 листків.

бактерій сприяє кращому живленню рослин і зменшенню внесення мінеральних добрив. Так, за використання біостимуляторів на основі *Azotobacter chroococcum*, *Azospirillum brasilense*, *Bacillus megaterium* і фізіологічно активних сполук при вирощуванні озимої пшениці встановлено можливість зменшити використання до 30% мінерального азоту. Було отримано вищий урожай зерна на 13% порівняно з контролем, при цьому якість зерна суттєво не змінилася. За розрахунками авторів А. Artyszak і D. Gozdowski, упровадження біопрепаратів та обмеження удобрення пшениці мінеральним азотом лише до 30 кг/га азоту дало б змогу заощадити його споживання на 72 тис. т/рік [16].

Застосування у сівозмінах Південного Степу України мінеральних добрив у нормі

$N_{32}P_{32}K_{32}$  і додаткове позакореневе підживлення біопрепаратом Азотохелп при вирощуванні пшениці озимої після гірчиці білої забезпечили найбільші показники економічної ефективності. При цьому умовно чистий прибуток сягнув 10,1 тис. грн/га, а рівень рентабельності — 112,7% [17]. Учені Л. М. Сківка, С. О. Гудзь, Я. П. Цвей та О. І. Присяжнюк визначили, що застосування біологічної системи удобрення (з використанням біопрепаратів) пшениці озимої забезпечило прибуток 31 185 грн/га і рівень рентабельності 180% [18].

Установлено істотне підвищення врожайності кукурудзи за дії біопрепаратів Азотохелп, Липосам і їх сумісного застосування з Органік-Балансом у середньому за 2021–2023 рр. Найвищий урожай було отримано за дії Азотохелпу (0,5 л/га) — 10,7 т/га проти 9,5–10,2 т/га у решти варіантів, 9,3 т/га — на контролі (рис. 2).

За посушливих умов періоду найактивнішого росту й переходу до генеративної фази рослин кукурудзи 2021 року найвищу врожайність встановлено за сумісного фоліарного застосування біопрепаратів Органік-Баланс (0,5 л/га) + Азотохелп (0,3 л/га) + Липосам (0,25 л/га) та окремого внесення Азотохелпу (0,5 л/га) — 10,0 і 9,94 т/га відповідно, а умовно чистий прибуток становив 11 119,0 і 10 791 грн/га (табл. 2).

Застосування Липосаму (0,5 л/га) у 2023 році також характеризувалося високою окупністю: умовний чистий прибуток становив 9 121,0 грн/га, що підтверджує ефективність біополімерних препаратів у зменшенні негативного впливу посухи й підвищенні стабільності формування врожаю [19; 20]. Біоприлипач Липосам забезпечує тривалу дію робочого розчину на листову поверхню, що дає змогу рослині закладати репродуктивні органи з більшим виходом зерна в критичний період диференціації зачаткового суцвіття.

Таблиця 2

**Узагальнена економічна ефективність застосування біопрепаратів на посівах кукурудзи за 2021–2023 рр.**

Варіант	Умовно чистий прибуток, грн/га			Середній умовно чистий прибуток, грн/га	Середні витрати, грн/га	Середня рентабельність додаткових витрат, %
	2021 р.	2022 р.	2023 р.			
2	1 341	335	2 169	1 282	318	403
3	10 791	7 503	8 453	8 916	300	2 972
4	4 857	2 988	9 121	5 655	264	2 142
5	11 119	–4 305	6 129	4 314	410	1 052

Джерело: сформовано авторами на основі власних досліджень.

Примітка: 1 — контроль; 2 — Органік-Баланс (0,5 л/га), обробка рослин у фазу 3–5 листків; 3 — Азотохелп (0,5 л/га), обробка рослин у фазу 3–5 листків; 4 — Липосам (0,5 л/га), обробка рослин у фазу 3–5 листків; 5 — Органік-Баланс (0,5 л/га) + Азотохелп (0,3 л/га) + Липосам (0,25 л/га), обробка рослин у фазу 3–5 листків.

Комплексна схема (сумісне застосування Органік-Баланс (0,5 л/га) + Азотохелп (0,3 л/га) + Липосам (0,25 л/га) в умовах надмірного вологозабезпечення впродовж вегетаційного періоду 2022 року виявилася економічно недоцільною (умовно чистий прибуток становив –4 305,0 грн/га), що зумовлено спрямованістю дії комплексу на підвищення стійкості рослин в умовах посухи. У 2023 році всі досліджувані варіанти забезпечили позитивний економічний ефект порівняно з контролем (умовно чистий прибуток коливався від 2 169 до 9 121 грн/га).

Узагальнення економічної ефективності за 2021–2023 роки показало, що умовно чистий прибуток, залежно від варіанта застосування біопрепаратів, становив у середньому від 1 282 до 8 916 грн/га, а середня рентабельність додаткових витрат — від 403 до 2 972%.

Найбільш стабільний і високий економічний ефект у різні за погодними умовами роки забезпечувало застосування Азотохелпу (0,5 л/га), середній умовно чистий прибуток від якого становив 8 916 грн/га із рентабельністю 2 972%.

Отримані результати підтверджують високу ефективність біопрепаратів Азотохелп (0,5 л/га), Липосам (0,5 л/га) та комплексу Органік-Баланс (0,5 л/га) + Азотохелп (0,3 л/га) + Липосам (0,25 л/га) у роки з проявом абіотичних стресів і їхню економічну доцільність у технології вирощування кукурудзи.

Комплексне дослідження впливу препаратів Азотохелп, Органік-Баланс і Липосам дало змогу визначити молекулярні й фізіолого-біохімічні механізми індукції посухостійкості рослин кукурудзи [20]. Формування адаптивної відповіді рослин на абіотичний стрес було зумовлене підвищенням показників тургесцентності листків і зниженням експресії ключових генів-маркерів водного стресу за дії біопрепаратів, що вказує на підвищення стійкості до дефіциту води на клітинному рівні та є критично важливим для підтримання фотосинтетичної й метаболічної активності за умов посухи. Також виявлено підвищення активності антиоксидантної системи та зростання концентрації флавоноїдів у тканинах листків, що мінімізує наслідки окиснювального стресу [20].

Аналогічні дані за вирощування кукурудзи отримали Л. М. Сківка, С. О. Гудзь, Я. П. Цвей та О. І. Присяжнюк, у дослідженнях яких визначено, що застосування біологічної системи удобрення (з використанням біопрепаратів) кукурудзи на зерно забезпечило прибуток 33 863 грн/га і рентабельність 151% [18].

Т. Ю. Марченко, Ю. О. Лавриненко, М. Я. Кирпа та О. Ф. Стасів з'ясували, що найбільший умовно чистий прибуток і рентабельність у лінії кукурудзи ДК 411 були за густоти

рослин 80 тис./га й обробки біопрепаратом на основі ризосферних бактерій роду *Pseudomonas* із титром  $5,0 \cdot 10^9$  КУО/см<sup>3</sup> і біологічно активних речовин (БАР) — 91,5 тис. грн/га і 224% відповідно, а максимальна врожайність насіння й рентабельність технології за використання біопрепаратів кожної лінії обмежувалися певною щільністю ценозу. Автори вказують, що для кожної лінії гібрида кукурудзи необхідна індивідуальна технологія вирощування, що передбачає певну густоту рослин і застосування біопрепаратів із ристрегулювальною дією [21].

Отже, використання біопрепаратів Азотохелп, Липосам та Органік-Баланс є ефективним чинником підвищення адаптивності кукурудзи до абіотичних стресів і сприяє зростанню економічної ефективності виробництва зерна.

## ВИСНОВКИ

Застосування біопрепаратів Граундфікс та Азотохелп у посівах пшениці озимої забезпечувало стабільно позитивний економічний ефект. Середній умовно чистий прибуток за варіантами становив 2 472–4 439 грн/га, а середня рентабельність додаткових витрат — 230–549%.

За комплексом агрономічних та економічних показників, впливом на ростові процеси й формування продуктивності сумісне внесення під передпосівну культивування Граундфіксу (1,5 л/га) + Азотохелпу (1,5 л/га) та обробка насіння Азотохелпом (1,5 л/т) + обробка рослин у фазу весняного куцнення Азотохелпом (0,5 л/га) виявилися найкращими, економічно доцільними варіантами в технології вирощування пшениці озимої (найвищі показники умовно чистого прибутку становили 3 647,4–4 439,0 грн/га). Попри високі відсотки рентабельності, за окремого застосування Азотохелпу (1,5 л/т) для обробки насіння та Азотохелпу (0,5 л/га) у фазу весняного куцнення встановлено помірний ріст і розвиток рослин та невисокі показники врожайності.

Застосування біопрепаратів у технології вирощування кукурудзи в середньому забезпечує умовно чистий прибуток у межах 1 282–8 916 грн/га із середньою рентабельністю додаткових витрат до 2 972%. Найбільша окупність препаратів спостерігається в роки з проявом абіотичних стресів (посухи), за яких вони сприяють стабілізації формування врожаю.

Для забезпечення стабільно високого прибутку, незалежно від метеорологічних умов року, найбільш доцільним є використання Азотохелпу (0,5 л/га), який забезпечив високі показники умовно чистого прибутку — від 7 503 грн/га у 2022 р. з надмірними опадами до 10 791 грн/га за посушливих умов 2021 р. Середня рентабельність додаткових витрат за використання Азотохелпу (0,5 л/га) становила 2 972%. Комплексні

суміші препаратів Органік-Баланс (0,5 л/га) + Азотохелп (0,3 л/га) + Липосам (0,25 л/га) рекомєндовано використовувати передусім у зонах із високим ризиком дефіциту вологи, оскільки в умовах надмірного зволоження можуть не окупатися витрати.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Market.us. (2025). *Global biofertilizer market size, share analysis report*. Retrieved from <https://market.us/report/global-biofertilizer-market/>
2. Didur, I., Lutkovska, S., & Pantsyreva, H. (2025). European prospects for the development of crop production technologies in Ukraine. *Baltic Journal of Economic Studies*, 11(3), 353–360. doi: 10.30525/2256-0742/2025-11-3-353-360
3. Mahanty, T., Bhattacharjee, S., Goswami, M., Bhattacharyya, P., Das, B., Ghosh, A., & Tribedi, P. (2017). Biofertilizers: A potential approach for sustainable agriculture development. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(4), 3315–3335. doi: 10.1007/s11356-016-8104-0
4. Gumeniuk, I. I., Levishko, A. S., Demyanyuk, O. S., & Sherstoboeva, O. V. (2022). Properties of microorganisms isolated from soils under conventional and organic farming. *Mikrobiolohichnyi Zhurnal*, 84(2), 12–23. doi: 10.15407/microbiolj84.02.012
5. 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
6. Kumar, A., Maurya, B., & Raghuvanshi, 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, 121–128. doi: 10.1016/j.bcab.2014.08.003
7. 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
8. Ali, A., Liu, X., Yang, W., Li, W., Chen, J., Qiao, Y., Gao, Z., & Yang, Z. (2024). Impact of bio-organic fertilizer incorporation on soil nutrients, enzymatic activity, and microbial community in wheat–maize rotation system. *Agronomy*, 14(9), 1942. doi: 10.3390/agronomy14091942
9. Волкогон, В. В., Потапенко, Л. В., Дімова, С. Б., Волкогон, К. І., & Халєп, Ю. М. (2021). Біологічні чинники оптимізації систем удобрення сільськогосподарських культур у сівозміні. *Вісник аграрної науки*, 99(11), 33–41. doi: 10.31073/agroviznyk202111-04
10. Song, Y., Li, Z., Liu, J., Zou, Y., Lv, C., & Chen, F. (2021). Evaluating the impacts of *Azotobacter chroococcum* inoculation on soil stability and plant property of maize crop. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 21, 824–831. doi: 10.1007/s42729-020-00404-w
11. Лихочвор, В. В., Петриченко, В. Ф., Івашук, П. В., & Корнійчук, О. В. (2010). *Рослинництво: технології вирощування сільськогосподарських культур*. Львів: НВФ “Укртехнології”.
12. Сіроштан, А. А., & Кавунець, В. П. (Ред.). (2021). *Виробництво насіння пшениці озимої та ярої (методичні рекомендації)*. Миронівка.
13. Надвиничний, С. А. (2016). Методологія дослідження економічної ефективності виробництва сільськогосподарської продукції. *Економічний аналіз*, 25(2), 115–121.
14. Yakovenko, D. O., Boroday, V. V., & Bolokhovska, V. A. (2025). 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* (pp. 434–458). Riga: Baltija Publishing. doi: 10.30525/978-9934-26-588-4-18
15. Нікорич, В. А. (2025). Роль біопрепаратів у компенсації дефіциту вегетації та економічній ефективності пізньої сівби озимої пшениці. *Науковий вісник Чернівецького університету. Біологія (Біологічні системи)*, 17(2), 302–313. doi: 10.31861/biosystems2025.02.302
16. Artyszak, A., & Gozdowski, D. (2021). Is it possible to maintain the quantity and quality of winter wheat grain by replacing part of the mineral nitrogen dose by growth activators and plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR)? *Sustainability*, 13(11), 5834. doi: 10.3390/su13115834
17. Кривенко, А. І. (2019). Економічна ефективність елементів технології вирощування пшениці озимої у сівозмінах Південного Степу України. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України*, 2. doi: 10.31548/dopovidi2019.02.015
18. Сківка, Л. М., Гудзь, С. О., Цвей, Я. П., & Присяжнюк, О. І. (2020). Економічна ефективність вирощування культур агроценозу. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*, 28, 121–129. doi: 10.47414/np.28.2020.211063
19. Hunter, M. C., Smith, R. G., Schipanski, M. E., Atwood, L. W., & Mortensen, D. A. (2017). Agriculture in 2050: Recalibrating targets for sustainable intensification. *BioScience*, 67(4), 386–391. doi: 10.1093/biosci/bix010
20. Bolokhovskiy, V., Nagorna, O., Bolokhovska, V., Yakovenko, D., Boroday, V., Zelena, L., Likhanov, A., & Bukhonska, Y. (2024). The role of biologicals Azotohelp®, Liposam®, and Organic-Balance® as mitigators of abiotic stress in maize plants. In L. Kuzmych (Ed.), *Sustainable soil and water management practices for agricultural security* (pp. 493–524). IGI Global. doi: 10.4018/979-8-3693-8307-0.ch018
21. Марченко, Т. Ю., Лавриненко, Ю. О., Кирпа, М. Я., & Стасів, О. Ф. (2021). Ефективність застосування біопрепаратів під час вирощування ліній-батьківських компонентів гібридів кукурудзи за різної густоти рослин в умовах краплинного зрошення. *Аграрні інновації*, 5, 135–142. doi: 10.32848/agrar.innov.2021.5.22

**ECONOMIC EFFICIENCY OF USING GROUNDFIX, AZOTOHELP, LIPOSAM,  
AND ORGANIC-BALANCE BIOPRODUCTS IN THE TECHNOLOGY  
OF WINTER WHEAT AND MAIZE CULTIVATION**

**Bolohovska V.**

Candidate of Technical Sciences

BTU Biotech Company (Kyiv, Ukraine)

e-mail: valent2006@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0005-2728-4589>

**Nahorna O.**

BTU Biotech Company (Kyiv, Ukraine)

e-mail: olganova2008@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0001-6628-9383>

**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; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0008-8239-7684>

**Yanse L.**

Doctor of Biological Sciences, Corresponding Member

of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Senior Researcher

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

National Academy of Agricultural Sciences of Ukraine (Kyiv, Ukraine)

e-mail: liliya.janse@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2567-5907>

**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 economic viability of using bioproducts in winter wheat and maize agroecosystems in the Forest-Steppe region of Ukraine has been established. A summary of the results of the economic assessment for 2021–2023 showed that the use of biological products on winter wheat crops in the northwestern part of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine provided a consistently positive economic effect, with an average conditional net profit of 2,472–4,439 UAH/ha and an average return on additional costs of 230–549%. The combined use of Groundfix (1.5 l/ha) + Azotohelp (1.5 l/ha) for pre-sowing cultivation and the combination of seed treatment with Azotohelp (1.5 l/t) + plant treatment in the spring tillering phase with Azotohelp (0.5 l/ha) showed high agronomic efficiency and economic advantages under the combined application of biological products. The most agronomically and economically feasible option for growing maize in the conditions of the North-Eastern Forest-Steppe in 2021–2023 was the use of Azotohelp (0.5 l/ha), which provided the highest yield (10.7 t/ha compared to 9.5–10.2 t/ha in the other options, 9.3 t/ha in the control), high net profit (8,916 UAH/ha) and an average return on additional costs (2,972%). In years with sufficient or excessive moisture (2022), the economic efficiency of the combined foliar application of the biological products Organic-Balance (0.5 l/ha) + Azotohelp (0.3 l/ha) + Liposam (0.25 l/ha) and the separate application of Organic-Balance (0.5 l/ha) decreased. At the same time, in dry years (2021 and 2023), their application provided significant additional income per unit area, increased the stability of yield formation and the economic reliability of maize cultivation technology. The use of Groundfix, Azotohelp, Organic-Balance and Liposam biological products based on growth-stimulating, nitrogen-fixing, phosphorus- and potassium-mobilising bacteria and their metabolites is an agronomically and economically viable element of cereal crop cultivation technology.*

**Keywords:** grain crops, agrocenoses, conditional net profit, profitability, yield, biostimulants, biofertilisers, bioadhesives.

**ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ**

**БОЛОХОВСЬКА Валентина Антонівна** — кандидат технічних наук, лауреат Державної премії в галузі науки і техніки, директор із перспектив і розвитку, Біотехнологічна компанія BTU (вул. Академіка Амосова, 1/34, оф. 1, с. Софіївська Борщагівка, Бучанський р-н, Київська обл., Україна, 08138; e-mail: valent2006@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0005-2728-4589>).

**НАГОРНА Ольга Володимирівна** — лауреат Державної премії в галузі науки і техніки, головний мікробіолог, Біотехнологічна компанія BTU, заступник директора з наукових питань (вул. Будівельників, 35, м. Ладизин, Вінницька обл., Україна, 24321; e-mail: olganova2008@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0001-6628-9383>).

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

**ЯНСЕ Лілія Амінівна** — доктор біологічних наук, старший науковий співробітник, член-кореспондент НААН України, Інститут агроекології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна, 03143); заступник академіка-секретаря Відділення землеробства, меліорації та механізації НААН України (вул. М. Омеляновича-Павленка, 9, м. Київ, Україна, 01010); e-mail: liliya.janse@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2567-5907>).

**БОРОДАЙ Віра Віталіївна** — доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Інститут агроекології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна, 03143); доцент кафедри екобіотехнології та біорізноманіття, 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>).

## Новини

### Новини

## Новини • Новини • Новини

Україна стала учасницею **глобальної програми BIOFIN** (*Biodiversity Finance Initiative*), що має на меті залучення фінансування для збереження та відновлення біорізноманіття. Програма дасть можливість перейти від простого підрахунку екологічних збитків до системного планування відновлення екосистем, що особливо актуально, оскільки через війну понад 30% природоохоронних територій України (понад 900 об'єктів) уже зазнали впливу бойових дій. Це стане ключовим інструментом для переходу до стратегічного “зеленого” відновлення країни.