

## АГРОЕКОЛОГІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ МІКРОБНИХ БІОПРЕПАРАТІВ У ПОСІВАХ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ В КОНТЕКСТІ ЗБЕРЕЖЕННЯ СТІЙКОСТІ ҐРУНТІВ

**О. П. Ткачук**

доктор сільськогосподарських наук, професор  
Вінницький національний аграрний університет (м. Вінниця, Україна)  
e-mail: tkachukop@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0647-6662>

**Г. В. Гуцол**

кандидат сільськогосподарських наук, доцент  
Вінницький національний аграрний університет (м. Вінниця, Україна)  
e-mail: gucolg@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6327-6555>

**Н. С. Ковка**

асистент  
Вінницький національний аграрний університет (м. Вінниця, Україна)  
e-mail: natalikovka41@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4556-2678>

Зважаючи на важливість екологізації технологій вирощування озимої пшениці, досягнення подальшого зростання продуктивності її посівів стає надзвичайно складним завданням. У зв'язку із цим головна мета роботи полягала у визначенні агроекологічної ефективності використання біопрепаратів у посівах озимої пшениці для підвищення її врожайності та покращення стабільності ґрунтового середовища. Досліджували ефективність біопрепаратів серії Біонорма, спеціалізованих на стимулюванні росту: Біонорма Азот (5 л/га), Біонорма Фосфор (5 л/га) і Біонорма Антистрес (5 л/га), порівняно з традиційним мінеральним удобренням ( $N_{150}P_{50}K_{50}$ ,  $N_{150}$  та  $P_{50}$ ). Основну увагу приділяли їхньому впливу на врожайність озимої пшениці сорту РЖТ Реформ і стан ґрунту в агроекологічному контексті протягом 2022–2024 років. Препарати Біонорма вносили в ґрунт методом обприскування під час передпосівної культивування. Норма витрати робочої рідини становила 200 л/га. Застосування біопрепаратів серії Біонорма може стати реальною альтернативою мінеральним добривам при вирощуванні озимої пшениці. Вони не тільки сприяють підвищенню врожайності зерна, а й позитивно впливають на агро-екологічний стан ґрунту. Зокрема, комбінація препаратів Біонорма Азот, Біонорма Фосфор і Біонорма Антистрес дає змогу збільшити врожайність зерна на 13,2% порівняно з варіантами без застосування добрив. Крім того, використання цих біопрепаратів сприяє зростанню вмісту лужногідролізованого азоту в ґрунті на 5 мг/кг порівняно з контрольним варіантом, а вміст рухомого фосфору збільшується на 8 мг/кг (порівняно з контролем) і на 2 мг/кг (порівняно з варіантом із мінеральним удобренням  $P_{50}$ ). Спостерігається зменшення концентрації токсичних елементів у ґрунті: рухомих форм свинцю — на 0,26 мг/кг порівняно з контролем і на 0,39 мг/кг порівняно з варіантом із мінеральним удобренням  $N_{150}$ ; кадмію — на 0,05 мг/кг і 0,08 мг/кг; міді — на 0,13 мг/кг і 0,22 мг/кг; цинку — на 0,11 мг/кг і 0,13 мг/кг відповідно. Дослідження також підтверджують позитивний вплив комплексу біопрепаратів на оптимізацію кислотно-лужного балансу (рН) ґрунтового розчину. Рівень рН підвищується на 0,08 од. порівняно з контролем і на 0,13 од. порівняно з варіантом із застосуванням  $N_{150}$ . Водночас відзначено зниження гідролітичної кислотності ґрунту на 0,05 мг-екв/100 г порівняно з контролем і на 0,27 мг-екв/100 г порівняно з варіантом із внесенням азотного мінерального добрива  $N_{150}$ .

**Ключові слова:** зернові культури, біологічні препарати, урожайність, технології вирощування, агрозаходи, педосфера, збереження.

### ВСТУП

Подальше збільшення продуктивності посівів озимої пшениці, а також покращення якості й екологічної безпечності продукції можливе завдяки виявленню відповідних

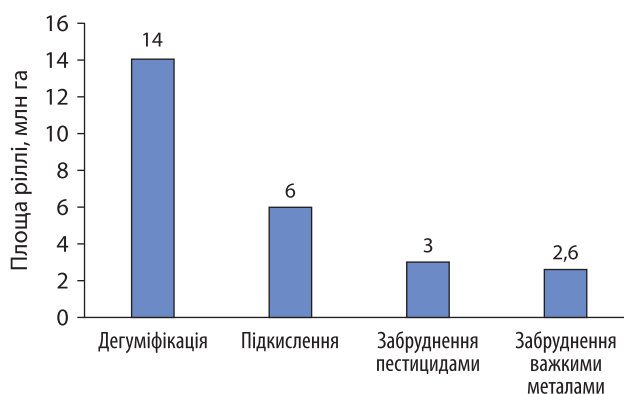
резервів. Урожайність зерна пшениці озимої на рівні 8,0 т/га уже є реальністю в сучасних умовах ведення рослинництва в Україні. Вона стала можливою завдяки використанню високих норм мінеральних азотних добрив, які

вже сягають 150–200 кг/га у діючій речовині. Такі високі норми мінеральних добрив провокують не лише ризик накопичення нітратів у продукції та загальне підвищення уразливості агроєкосистеми до шкідників, хвороб, бур'янів, несприятливих абіотичних чинників навколишнього середовища (посухи, несприятливих умов перезимівлі), а й порушують агроєкологічну стійкість ґрунту [1; 2].

Зважаючи на необхідність екологізації технологій вирощування пшениці озимої, забезпечити подальше зростання продуктивності її посівів стає вкрай непросто. Тому метою роботи було встановити агроєкологічну ефективність застосування біопрепаратів у посівах пшениці озимої для підвищення її продуктивності й стабілізації ґрунту.

### АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Через агресивний вплив високих норм мінеральних азотних добрив на ґрунт і функціонування педосфери сільськогосподарські ґрунти значною мірою зазнають деградаційних процесів: дегуміфікації внаслідок мінералізації гумусу мінеральними добривами, підкислення фізіологічно кислими азотними добривами, забруднення пестицидами внаслідок необхідності збільшення їх норм через надлишок мінерального азотного живлення й важкими металами через їх вміст у мінеральних добривах. Такі інтенсивні заходи, що ґрунтуються на застосуванні високих норм мінеральних добрив, призвели до прогресуючої мінералізації гумусу, яка спостерігається на площі понад 14 млн га ріллі в Україні, підкислення близько 6 млн га сільськогосподарських ґрунтів, надлишкового забруднення пестицидами понад 3,0 млн га і важкими металами 2,6 млн га сільськогосподарських угідь [3; 4] (рис. 1).



**Рис. 1.** Поширення процесів деградації ґрунтів в Україні, що зумовлені хімізацією землеробства

Джерело: сформовано авторами на основі [4].

Одним із ключових шляхів підвищення виробництва високоякісного зерна озимої пшениці є подальше вдосконалення технологій її вирощування. Особливу увагу слід приділити використанню новітніх форм біодобрив для підживлення, що можуть суттєво обмежити застосування традиційних мінеральних азотних добрив [5; 6].

Технологія вирощування озимих культур із використанням біологічних препаратів набуває особливої актуальності й популярності. Вона забезпечує оптимальну підготовку рослин до зимівлі, сприяє повному розкриттю потенціалу сорту та дає змогу досягти не лише підвищення врожайності, а й покращення якості продукції. У результаті це значно сприяє зростанню прибутковості [7].

Це можна досягти завдяки вдосконаленню загального метаболізму за допомогою відповідних технологічних заходів, що базуються на мікробіологічному підході. Він передбачає обробку озимих культур і ґрунту спеціальними мікробіологічними препаратами, що створюють мікробно-рослинне співтовариство. Колонізуючи рослини, мікроорганізми активують важливі механізми, які забезпечують їх необхідними поживними елементами, стимулюють ріст кореневої системи й листового апарату, підсилюють дію осінніх і зимових засобів захисту насіння, а в деяких випадках навіть компенсують певні недоліки та поліпшують агроєкологічний стан ґрунту [8; 9].

Корисні мікроорганізми в біопрепаратах здійснюють розкладання залишків кореневої системи, післяжнивних решток, гною та сидератів, сприяючи збільшенню вмісту гумусу, рухомого азоту, фосфору й калію в ґрунті. Вони стимулюють процеси росту завдяки утворенню ферментів, вітамінів, вільних амінокислот і регуляторів росту рослин, а також підвищують їхню стійкість до впливу патогенних мікроорганізмів [10].

У рослинництві особливо важливим є застосування ризосферних мікроорганізмів, які завдяки діазотрофам фіксують біологічний азот з атмосфери. Це сприяє усуненню нестачі азоту у живленні рослин, підвищує ефективність використання орних земель, покращує родючість ґрунтів і скорочує витрати на придбання синтетичних мінеральних добрив. Біологічне виробництво в рослинництві характеризується екологічною чистотою, забезпеченням високоякісної продукції в економічно обґрунтованих обсягах, посиленням екологічної стійкості агроландшафтів і збереженням родючості ґрунтів [11].

Для швидкого й ефективного усунення дефіциту поживних речовин у ґрунті створено інноваційні біопрепарати в гранульованій формі.

Основні переваги цих продуктів охоплюють необмежене використання в умовах інтенсивного землеробства; тривалий позитивний вплив на мікрофлору рослин і ґрунту; сучасний процес виробництва, що захищає біопрепарати від негативного впливу навколишнього середовища; універсальність виробничого процесу, яка дає змогу зменшити кількість технічних операцій та енергетичні витрати, а також усуває потребу в додатковому обладнанні для внесення. Препарати забезпечують можливість точного дозування та внесення безпосередньо під корінь або в зону активного росту [12].

До важливих чинників вирощування озимої пшениці в сучасних умовах належить застосування біодобрив, які відіграють значну роль як екологічна та економічна складова технологічних процесів. Однак їхня ефективність досі залишається недостатньо вивченою, оскільки основна увага в дослідженнях приділяється біопрепаратам із захисними властивостями. Це створює потребу в проведенні відповідних досліджень, що підкреслює актуальність зазначеної теми.

### МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Вивчали застосування біопрепаратів ріст-стимулювальної дії серії Біонорма: Біонорма Азот, 5 л/га, Біонорма Фосфор, 5 л/га, і Біонорма Антистрес, 5 л/га, порівняно з мінеральним удобренням  $N_{150}P_{50}K_{50}$ ,  $N_{150}$  і  $P_{50}$  щодо їхнього впливу на продуктивність пшениці озимої сорту РЖТ Реформ й агроекологічний стан ґрунту протягом 2022–2024 рр. Біопрепарати серії Біонорма вносили в ґрунт під передпосівну культивуацію способом обприскування. Витрата робочої рідини становила 200 л/га.

Біонорма Азот є засобом, що містить вільноживучі й асоціативні азотфіксувальні бактерії, призначеним для покращення азотного живлення різних сільськогосподарських культур. Основними активними компонентами препарату є бактерії *Azotobacter chroococcum*, *Azotobacter vinelandii* (вільноживучі азотфіксатори), а також *Azospirillum brasilense* і *Azospirillum lipoferum* (асоціативні азотфіксатори). Концентрація активних мікроорганізмів у препараті становить  $1 \times 10^9$  КУО/мл.

Біонорма Фосфор — це засіб, який містить ґрунтові спорові бактерії та мікроміцети з високою здатністю до мобілізації фосфатів. Призначений для оптимізації фосфорного живлення культур. Активний компонент представлений бактеріями *Bacillus megaterium*, *Bacillus amyloliquefaciens* і мікроміцетом *Trichoderma harzianum*. Концентрація діючої речовини становить  $1 \times 10^9$  КУО/мл препарату.

Біонорма Антистрес — біологічний препарат, призначений для захисту культурних рослин від негативного впливу несприятливих екологічних факторів. Основу препарату становлять живі клітини мікроорганізмів *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas putida*, *Paenibacillus polymyxa*. Концентрація діючої речовини —  $1 \times 10^9$  КУО/мл.

Мінеральні добрива у вигляді аміачної селітри, суперфосфату подвійного й калію хлористого вносили дробно: фосфорно-калійні добрива — під передпосівну культивуацію, азотні — у весняні підживлення.

Площа облікової ділянки — 20 м<sup>2</sup>, повторність дослідів — чотириразова. Було здійснено такі обліки: облік урожаю зерна проводили прямим комбайнуванням і подальшим зважуванням маси; агроекологічні дослідження стану ґрунту проводили у Південно-західній філії Інституту охорони ґрунтів України. Визначали вміст гумусу, лужногідролізованого азоту, рухомого фосфору, обмінного калію, уміст рухомих форм важких металів: свинцю, кадмію, міді й цинку, реакцію ґрунтового розчину (рН) і гідролітичну кислотність [13].

Досліди проводили в Науково-дослідному господарстві “Агрономічне” Вінницького національного аграрного університету (НДГ “Агрономічне” ВНАУ) на сірих опідзолених середньосуглинкових ґрунтах.

### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Застосування біопрепаратів серії Біонорма мало прямий вплив на підвищення продуктивності пшениці озимої. Препарат Біонорма Фосфор підвищував урожайність зерна на 6,4%, Біонорма Антистрес — на 8,2%, Біонорма Азот — на 9,0%. Поєднання біопрепаратів дало змогу збільшити позитивний ефект: Біонорма Азот + Біонорма Фосфор забезпечило отримання приросту врожаю на 11,4%, а Біонорма Азот + Біонорма Фосфор + Біонорма Антистрес — на 13,2% (табл. 1).

Зрозуміло, що мінеральне удобрення посівів пшениці озимої з високими нормами добрив дає змогу отримати вищий приріст урожайності. Зокрема, внесення  $N_{150}P_{50}K_{50}$  забезпечило приріст урожайності на 36,1% порівняно з контролем (варіантом без використання добрив) і на 22,9% порівняно з варіантом із комплексним застосуванням біопрепаратів Біонорма Азот + Біонорма Фосфор + Біонорма Антистрес. Водночас варіант із внесенням  $N_{150}$  за рівнем приросту врожайності пшениці озимої переважав варіант із застосуванням біопрепаратів Біонорма Азот + Біонорма Фосфор + Біонорма Антистрес на 12,4%, а варіант із внесенням  $P_{50}$  поступався за

Таблиця 1.

**Урожайність зерна пшениці озимої залежно від удобрення в НДГ “Агрономічне” ВНАУ (середнє за 2022–2024 рр.), М ± m**

Варіанти удобрення	Урожайність зерна, т/га	Приріст до контролю	
		т/га	%
Без добрив (контроль)	4,68 ± 0,05	—	—
Біонорма Азот	5,14 ± 0,05	0,46	9,0
Біонорма Фосфор	5,00 ± 0,03	0,32	6,4
Біонорма Антистрес	5,01 ± 0,03	0,33	8,2
Біонорма Азот + Біонорма Фосфор	5,28 ± 0,03	0,60	11,4
Біонорма Азот + Біонорма Фосфор + Біонорма Антистрес	5,39 ± 0,03	0,71	13,2
N <sub>150</sub> P <sub>50</sub> K <sub>50</sub>	7,32 ± 0,03	2,64	36,1
N <sub>150</sub>	6,29 ± 0,03	1,61	25,6
P <sub>50</sub>	5,17 ± 0,03	0,49	9,5

Джерело: сформовано авторами на основі власних досліджень.

ефективністю варіанту із застосуванням біопрепаратів Біонорма Азот + Біонорма Фосфор + Біонорма Антистрес на 3,7%.

Найбільш ефективний варіант удобрення посівів пшениці озимої на основі застосування біопрепаратів серії Біонорма — Біонорма Азот + Біонорма Фосфор + Біонорма Антистрес — забезпечував урожайність на рівні 5,39 т/га, що за органічного вищого родючості є достатньо високим рівнем.

Негативний ефект використання мінерального удобрення пшениці озимої позначався на агроекологічному стані ґрунту. Зокрема, внесення N<sub>150</sub> за трирічний цикл ротації у сівозміні зумовлювало зменшення вмісту гумусу на

0,02%, причому в інших варіантах удобрення вміст гумусу не змінився. Більш динамічними виявилися інші параметри ґрунту. Зокрема, вміст лужногідролізованого азоту в ґрунті був найменшим за внесення P<sub>50</sub>, що на 1 мг/кг менше, ніж на контролі. Водночас найбільший вміст лужногідролізованого азоту за використання біопрепаратів встановлено у варіанті із застосуванням біопрепаратів Біонорма Азот + Біонорма Фосфор + Біонорма Антистрес, що на 5 мг/кг більше, ніж на контролі, і на 2 мг/кг менше, ніж за внесення повного мінерального добрива N<sub>150</sub>P<sub>50</sub>K<sub>50</sub> (табл. 2).

Найвищий вміст рухомого фосфору в ґрунті спостерігався за внесення біопрепаратів

Таблиця 2.

**Агроекологічні параметри ґрунту залежно від удобрення при вирощуванні пшениці озимої в НДГ “Агрономічне” ВНАУ (2024 р.)**

Варіанти удобрення	Уміст								Реакція ґрунтового розчину (pH)	Гідролітична кислотність, мг-екв/100 г
	гумусу, %	лужногідролізованого азоту, мг/кг	фосфору рухомого, мг/кг	калію обмінного, мг/кг	важкі метали					
					свинцю рухомого, мг/кг	кадмію рухомого, мг/кг	міді рухомої, мг/кг	цинку рухомого, мг/кг		
Без добрив (контроль)	2,30	118	622	156	1,06	0,18	0,42	1,13	5,85	1,90
Біонорма Азот	2,30	120	620	153	1,05	0,17	0,35	1,08	5,87	1,90
Біонорма Фосфор	2,30	118	628	152	0,87	0,16	0,32	1,05	5,89	1,85
Біонорма Антистрес	2,30	118	623	155	0,96	0,17	0,35	1,06	5,88	1,90
Біонорма Азот + Біонорма Фосфор	2,30	121	628	154	0,85	0,15	0,31	1,04	5,90	1,87
Біонорма Азот + Біонорма Фосфор + Біонорма Антистрес	2,30	123	630	152	0,80	0,13	0,29	1,02	5,93	1,85
N <sub>150</sub> P <sub>50</sub> K <sub>50</sub>	2,30	125	624	159	1,15	0,21	0,51	1,15	5,83	2,07
N <sub>150</sub>	2,28	123	620	154	1,19	0,19	0,48	1,14	5,80	2,12
P <sub>50</sub>	2,30	117	628	156	1,12	0,19	0,48	1,14	5,85	2,00

Джерело: сформовано авторами на основі власних досліджень.

Біонорма Азот + Біонорма Фосфор + Біонорма Антистрес і був на 8 мг/кг вищим, ніж на контролі, та на 2 мг/кг вищим, ніж за внесення мінерального фосфору  $P_{50}$ . Найвищий уміст обмінного калію спостерігався у варіанті з мінеральним комплексним удобренням  $N_{150}P_{50}K_{50}$  і був на 3 мг/кг вищим, ніж у контрольному варіанті, адже інші види добрив калію не містять.

Чітка перевага біопрепаратів серії Біонорма спостерігалася щодо зниження вмісту в ґрунті рухомих форм важких металів. Зокрема, рухомого свинцю в ґрунті найменше містилося за внесення біопрепаратів Біонорма Азот + Біонорма Фосфор + Біонорма Антистрес, що було на 0,26 мг/кг менше, ніж на контролі, і на 0,39 мг/кг менше, ніж за внесення мінерального азотного добрива  $N_{150}$ . Біопрепарати серії Біонорма переводять свинець із рухомої в нерухому форму, що суттєво знижує небезпеку його накопичення рослинами. Водночас внесення мінеральних добрив сприяє підвищенню концентрації важких металів в рухомих формах, адже вони містяться в мінеральних добривах.

Подібна залежність спостерігалася щодо вмісту в ґрунті рухомих форм кадмію, міді й цинку. Зокрема, внесення біопрепаратів Біонорма Азот + Біонорма Фосфор + Біонорма Антистрес дає змогу знизити вміст рухомих форм кадмію в ґрунті на 0,05 мг/кг порівняно з контролем, а порівняно з варіантом із мінеральним удобренням  $N_{150}P_{50}K_{50}$  — на 0,08 мг/кг. Концентрація рухомих форм міді за внесення біопрепаратів знизилася на 0,13 мг/кг порівняно з контролем і на 0,22 мг/кг порівняно з варіантом із комплексним мінеральним удобренням  $N_{150}P_{50}K_{50}$ . Внесення біопрепаратів Біонорма Азот + Біонорма Фосфор + Біонорма Антистрес дає змогу зменшити рухомість цинку в ґрунті на 0,11 мг/кг порівняно з контролем і на 0,13 мг/кг порівняно з варіантом із мінеральним удобренням  $N_{150}P_{50}K_{50}$ .

Спостерігався вплив застосування різних видів добрив на кислотність ґрунту. Зокрема, найвище значення реакції ґрунтового розчину (рН) — 5,93 — спостерігалася за внесення біопрепаратів Біонорма Азот + Біонорма Фосфор + Біонорма Антистрес. Воно було на 0,08 більше, ніж на контролі, і на 0,13 більше, ніж у варіанті з азотним мінеральним удобренням  $N_{150}$ , оскільки

азотні мінеральні добрива сприяють підкисленню ґрунтового розчину. Така ж залежність була встановлена щодо величини гідролітичної кислотності ґрунту. Найменше її значення спостерігалася за внесення біопрепаратів Біонорма Азот + Біонорма Фосфор + Біонорма Антистрес — 1,85 мг-екв/100 г. Це було на 0,05 мг-екв/100 г менше, ніж на контролі, і на 0,27 мг-екв/100 г менше, ніж у варіанті з азотним мінеральним удобренням  $N_{150}$ .

## ВИСНОВКИ

Використання біопрепаратів серії Біонорма може бути вагомою альтернативою мінеральним добривам при вирощуванні пшениці озимої, оскільки вони не лише підвищують урожайність зерна, а й покращують агроекологічний стан ґрунту. Поєднання біопрепаратів Біонорма Азот + Біонорма Фосфор + Біонорма Антистрес дає змогу збільшити врожайність зерна на 13,2% порівняно з варіантом без внесення добрив, а також підвищує вміст у ґрунті лужногідролізованого азоту на 5 мг/кг порівняно з контролем; рухомого фосфору — на 8 мг/кг порівняно з контролем і на 2 мг/кг порівняно з варіантом із внесенням мінерального фосфору  $P_{50}$ ; знижує вміст рухомих форм свинцю в ґрунті на 0,26 мг/кг порівняно з контролем і на 0,39 мг/кг порівняно з варіантом із внесенням мінерального азотного добрива  $N_{150}$ ; кадмію — на 0,05 мг/кг порівняно з контролем і на 0,08 мг/кг порівняно з варіантом із мінеральним удобренням  $N_{150}P_{50}K_{50}$ ; міді — на 0,13 мг/кг порівняно з контролем і на 0,22 мг/кг порівняно з варіантом із комплексним мінеральним удобренням  $N_{150}P_{50}K_{50}$ ; цинку — на 0,11 мг/кг порівняно з контролем і на 0,13 мг/кг порівняно з варіантом із мінеральним удобренням  $N_{150}P_{50}K_{50}$ .

Установлено позитивний вплив комплексу біопрепаратів Біонорма Азот + Біонорма Фосфор + Біонорма Антистрес на оптимізацію реакції ґрунтового розчину (рН): зростання на 0,08 порівняно з контролем і на 0,13 порівняно з варіантом з азотним мінеральним удобренням  $N_{150}$ , а також зниження гідролітичної кислотності на 0,05 мг-екв/100 г порівняно з контролем і на 0,27 мг-екв/100 г порівняно з варіантом з азотним мінеральним удобренням  $N_{150}$ .

## ЛІТЕРАТУРА

- Ткачук, О. П. (2022). Еколого-економічна та біоенергетична оцінка технологій вирощування пшениці озимої після бобових багаторічних трав. *Зернові культури*, 6(1), 124–132. doi: 10.31867/2523-4544/0215
- Шкатула, Ю. М., & Мандрик, Ю. Ю. (2024). Формування урожайності зерна пшениці озимої залежно від хімічних заходів. *Аграрні інновації*, 26, 132–137. doi: 10.32848/agrar.innov.2024.26.19
- Яковець, Л. А. (2022). Дослідження впливу кліматичних змін та застосування добрив на інтенсивність накопичення нітратів в рослинах пшениці озимої. *Сільське господарство та лісівництво*, 2(25), 217–226. doi: 10.37128/2707-5826-2022-2-17

4. Пінчук, Н. В., Вергелес, П. М., Коваленко, Т. М., & Амонс, С. Е. (2022). Ефективність застосування біопрепаратів у посівах пшениці озимої в умовах Правобережного Лісостепу. *Сільське господарство та лісівництво*, 1(24), 96–113. doi: 10.37128/2707-5826-2022-1-7
5. Мазур, В. А., Панцирева, Г. В., & Копитчук, Ю. М. (2020). Збереження родючості ґрунту за раціонального використання системи удобрення і норми висіву озимої пшениці. *Сільське господарство та лісівництво*, 2(17), 5–14. doi: 10.37128/2707-5826-2020-2-1
6. Поліщук, М. І. (2018). Формування продуктивності пшениці озимої залежно від застосування мінеральних добрив та бактеріальних препаратів в умовах Лісостепу Правобережного. *Сільське господарство та лісівництво*, 9, 29–40.
7. Господаренко, Г. М., Рябовол, Я. С., Черно, О. Д., Любич, В. В., & Крижанівський, В. Г. (2020). Ріст і розвиток пшениці озимої у весняно-літній період вегетації залежно від умов мінерального живлення в Правобережному Лісостепу України. *Вісник Уманського національного університету садівництва*, 2, 3–8. doi: 10.31395/2310-0478-2020-2-3-8
8. Базалій, В. В., Домарацький, Є. О., Пічура, В. І., & Домарацький, О. О. (2014). *Екологізація технології вирощування озимої пшениці в зоні південного Степу України*. Херсон.
9. Ярошенко, С. С. (2018). Вплив мінеральних добрив і біопрепаратів на формування зернової продуктивності пшениці озимої в північному Степу України. *Зернові культури*, 2(2), 245–251. doi: 10.31867/2523-4544/0032
10. Дубицький, О. Л. (2015). Урожайність і якість зерна озимої пшениці за біологізованих систем удобрення. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*, 57, 81–86.
11. Сметанко, О. В., Бурикiна, С. І., & Кривенко, А. І. (2018). Вплив елементів біологізації вирощування озимої пшениці на різних фонах мінерального живлення в умовах Південного Степу України. *Вісник аграрної науки*, 8(785), 33–37. doi: 10.31073/agrovisnyk201808-05
12. Шевченко, І. П. (2015). Особливості агротехнології вирощування пшениці озимої в системі ґрунтозахисного біологічного землеробства Лісостепу. *Корми і кормовиробництво*, 81, 125–131.
13. Грицаєнко, З. М., Грицаєнко, А. О., & Карпенко, В. П. (2003). *Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів*. Київ: ЗАТ “Нічлава”.

## AGROECOLOGICAL SUBSTANTIATION OF THE EFFICIENCY OF THE APPLICATION OF MICROBIAL BIOPREPARATIONS IN WINTER WHEAT CROPS IN THE CONTEXT OF PRESERVING SOIL RESILIENCE

**Tkachuk O.**

Doctor of Agricultural Sciences, Professor  
Vinnytsia National Agrarian University (Vinnytsia, Ukraine)  
e-mail: tkachukop@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0647-6662>

**Hutsol H.**

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor  
Vinnytsia National Agrarian University (Vinnytsia, Ukraine)  
e-mail: gucolg@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6327-6555>

**Kovka N.**

Assistant  
Vinnytsia National Agrarian University (Vinnytsia, Ukraine)  
e-mail: natalikovka41@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4556-2678>

*Given the importance of greening winter wheat growing technologies, achieving further growth in the productivity of its crops becomes an extremely difficult task. In this regard, the main goal of the work was to determine the agroecological efficiency of using biopreparations in winter wheat crops to increase its yield and improve the stability of the soil environment. The effectiveness of the Bionorma series of growth-stimulating biopreparations was studied: Bionorma Nitrogen (5 l/ha), Bionorma Phosphorus (5 l/ha) and Bionorma Antistress (5 l/ha), compared with traditional mineral fertilizers ( $N_{150}P_{50}K_{50}$ ,  $N_{150}$  and  $P_{50}$ ). The main attention was paid to their impact on the yield of winter wheat of the RZhT Reform cultivar and the soil condition in the agroecological context during 2022–2024. Bionorma preparations were applied to the soil by spraying during pre-sowing cultivation. The working fluid consumption rate was 200 l/ha. The use of Bionorma biopreparations can become a real alternative to mineral fertilizers when growing winter wheat. They not only help increase grain yield, but also have a positive effect on the agroecological state of the soil. In particular, the combination of Bionorma Nitrogen, Bionorma Phosphorus and Bionorma Antistress makes it possible to increase grain yield by 13.2% compared with variants without the use of fertilizers. In addition, the use of these biopreparations contributes to an increase in the content of alkaline-hydrolyzable nitrogen in the soil by 5 mg/kg compared with the control variant, and the content of mobile phosphorus increases by 8 mg/kg (compared with the control) and by 2 mg/kg (compared with the mineral fertilizer variant P50). There is also a decrease in the concentration of toxic elements in the soil: mobile forms of lead — by 0.26 mg/kg compared with the control and by 0.39 mg/kg compared with the variant*

with mineral fertilizer  $N_{150}$ ; cadmium — by 0.05 mg/kg and 0.08 mg/kg, respectively; copper — by 0.13 mg/kg and 0.22 mg/kg; zinc — by 0.11 mg/kg and 0.13 mg/kg. Studies also confirm the positive effect of the complex of biopreparations on the optimization of the acid-base balance (pH) of the soil solution. The pH level increases by 0.08 units compared with the control and by 0.13 units compared with the variant with  $N_{150}$ . At the same time, a decrease in the hydrolytic acidity of the soil was noted by 0.05 mg-eq/100 g compared with the control and by 0.27 mg-eq/100 g compared with the nitrogen mineral fertilizer  $N_{150}$ .

**Keywords:** grain crops, biopreparations, yield, cultivation technologies, agricultural practices, pedosphere, conservation.

### ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

**ТКАЧУК Олександр Петрович** — доктор сільськогосподарських наук, професор, Вінницький національний аграрний університет (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, Україна, 21008; e-mail: tkachuk@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0647-6662>).

**ГУЦОЛ Галина Василівна** — кандидат сільськогосподарських наук, доцент, Вінницький національний аграрний університет (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, Україна, 21008; e-mail: gucol@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6327-6555>).

**КОВКА Наталія Сергіївна** — асистент, Вінницький національний аграрний університет (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, Україна, 21008; e-mail: natalikovka41@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4556-2678>).

Наукові дослідження виконані за рахунок коштів гранту Президента України молодим ученим і докторам наук “Розробка фітомеліоративних заходів відновлення деградованих ґрунтів внаслідок бойових дій в контексті гарантування продовольчої та енергетичної безпеки України” (грантоотримувач Олександр Ткачук), наданого Національним фондом досліджень України.

## НОВИНИ

### НОВИНИ

## НОВИНИ • НОВИНИ • НОВИНИ

**Загибель лісів Європи та пошук нових підходів до лісовідновлення.** З 2018 по 2021 рік Німеччина втратила ~500 тис. га лісу (~5% від загальної площі) через спалах короїда, спричинений посухами; аналогічні втрати фіксують Чехія, Норвегія, Швеція, Франція та Фінляндія. З 2010 р. поглинання вуглецю землями ЄС скоротилося на третину — переважно через деградацію лісів. Як альтернативу монокультурним плантаціям лісівники впроваджують змішані посадки (бук, ялиця, платан): дослідження у Nature (2018) і PNAS підтверджують, що видове різноманіття є найефективнішим захистом від посухи та шкідників. “Країни можуть використовувати свої вуглецеві поглиначі з лісів, щоб стверджувати, що вони мають нульові викиди, не відмовляючись повністю від викопного палива. Це дуже небезпечно”, — застерігає **Йохан Рокстрем**, директор Потсдамського інституту досліджень впливу клімату.