



УДК 631.472.74: 632.937.15
DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.13.2025.28>

ВПЛИВ ІНОКУЛЯЦІЇ НАСІННЯ ПШЕНИЦІ АГРОНОМІЧНО КОРИСНИМИ БАКТЕРІЯМИ НА БІОМЕТРИЧНІ ТА ФІЗІОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ РОСЛИН

М. М. Селінний¹, Л. А. Шевченко², Г. І. Рябуха³, М. М. Пархоменко⁴

Досліджено ефективність інокуляції насіння пшениці сортів Тобак і Артїст бактеріями *Bacillus* sp. 4, *Azospirillum* sp. Вивчено зміну морфометричних і фізіологічних параметрів вегетуючих рослин за різних варіантів передпосівної бактеризації. Виявлено, що обробка насіннєвого матеріалу селекціонованими мікроорганізмами сприяє збільшенню біометричних параметрів рослин пшениці. Установлено, що висота рослин збільшувалась на 13% за комплексної бактеризації насіння культурами *Bacillus* sp. 4 та *Azospirillum* sp., але монокультура *Azospirillum* sp. забезпечувала приріст росту рослин сорту Артїст на 7,5%, що дещо перевищує значення даного показника у варіанті з поєднаним застосуванням бактерій. Методом спектрофотометрії визначено вміст фотосинтезуючих пігментів у листках рослин пшениці. За отриманими результатами, більше накопичення пігментів фотосинтезу спостерігалось у варіантах з передпосівною бактеризацією насіння *Bacillus* sp. 4 та *Azospirillum* sp., зокрема за їх поєднання, що забезпечує високу функціональну активність фотосинтетичного апарату рослин пшениці. Інтенсивність ростових процесів і ефективність роботи фотосинтетичного апарату визначають рівень накопичення сухої речовини рослинами. У варіантах досліді з вищими показниками висоти рослин та вмісту фотосинтетичних пігментів очікувано встановлено й більшу масу сухих речовин. Варто зазначити, що ключову роль у впливі інтродукованих бактерій на покращення росту та розвитку рослин відіграють їх вторинні метаболіти, зокрема фітогормональної природи, що зумовлює

¹ кандидат економічних наук, доцент,
заступник директора ННІ природокористування та гуманітарних наук
(Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів)
e-mail: selm@meta.ua
ORCID: 0000-0001-5682-7099

² кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри аграрних технологій та лісового господарства
(Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів)
e-mail: shevchenkolyubov@ukr.net
ORCID: 0000-0002-2637-1999

³ кандидат економічних наук
(BETA Technological Centre, Universitat de Vic-Universitat Central de Catalunya (UVic-UCC), Vic, Spain)
e-mail: g.ryabukha@gmail.com
ORCID: 0000-0003-2146-7489

⁴ завідувач навчально-наукової лабораторії екологічно-сталого природокористування
(Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів)
e-mail: miroslav.parkhomenko@gmail.com
ORCID: 0000-0001-8804-0813

необхідність проведення подальших лабораторних досліджень з якісного та кількісного вивчення біологічно активних речовин селекціонованих нами бактерій. Отримані результати свідчать про доцільність та важливість передпосівної інокуляції насіння пшениці агрономічно корисними мікроорганізмами, що позитивно впливає на ростові процеси рослин протягом усього вегетаційного періоду та підвищення продуктивності рослин у підсумку.

Ключові слова: пшениця м'яка (*Triticum aestivum* L.), передпосівна інокуляція, *Bacillus* sp., *Azospirillum* sp., хлорофіл, продуктивність.

INFLUENCE OF INOCULATION OF WHEAT SEEDS WITH AGRONOMICALLY VALUABLE BACTERIA ON BIOMETRIC AND PHYSIOLOGICAL INDICATORS OF PLANTS

M. M. Selynnny, L. A. Shevchenko, G. I. Ryabukha, M. M. Parkhomenko

The effectiveness of inoculation of wheat seeds of Tobak variety and Artist by bacteria, *Bacillus* sp. 4, *Azospirillum* sp. The change in the morphometric and physiological parameters of vegetative plants in different variants of presowing bacterization has been studied. It has been found that the boiling of seed material with selected microorganisms helps to increase the biometric parameters of wheat plants. It was found that the height of plants increased by 13% with the complex bacterization of seeds of *Bacillus* sp. 4 and *Azospirillum* sp., But the monoculture of *Azospirillum* sp. Provided the growth of plants of the variety of artistic by 7,5%, which is slightly higher than the value of this indicator in the variant with the combined use of bacteria. The method of spectrophotometry determines the content of photosynthetic pigments in the leaves of wheat plants. According to the results, more accumulation of photosynthesis pigments was observed in variants with presowing bacterization of *Bacillus* sp. 4 and *Azospirillum* sp. In particular, for their combination, which provides high functional activity of the photosynthetic apparatus of wheat plants. The intensity of growth processes and the efficiency of the photosynthetic apparatus determine the level of accumulation of dry matter by plants. In the variants of the experiment with higher plants height and the content of photosynthetic pigments, a large mass of solids is expected. It should be noted that their secondary metabolites, in particular phytohormone nature, play a key role in the influence of introduced bacteria on improving plant growth and development, which requires further laboratory tests for qualitative and quantitative study of biologically active substances by us. The results indicate the expediency and importance of presowing inoculation of wheat seeds with agronomically beneficial microorganisms, which has a positive effect on plant growth throughout the growing season and increased plant productivity as a result.

Key words: soft wheat (*Triticum aestivum* L.), presowing inoculation, *Bacillus* sp., *Azospirillum* sp., Chlorophyll, performance.

Вступ

Значення пшениці як основної продовольчої зернової культури у світі є незмінним. Технологія вирощування сортів *Triticum aestivum* L. удосконалюється також застосуванням мікробних препаратів. Дія даної групи препаратів активно досліджується, а також продовжуються пошуки ще більш ефективних мікроорганізмів, які б сприяли зростанню врожайності зерна у визначених ґрунтово-кліматичних умовах і окремих сортів чи гібридів.

Необхідність збільшення показників урожайності зернових культур насамперед зумовлена необхідністю досягнення продовольчої безпеки в Україні й у всьому світі з урахуванням постійного зростання чисельності населення на нашій планеті. Збільшення врожайності зерна на оброблюваних площах – це єдиний вихід з даної

ситуації, адже ступінь розораності земель нашої країни занадто великий, що унеможливає збільшення збору врожаю сільськогосподарської продукції завдяки екстенсивному землеробству з розширенням посівних площ. Звісно, є інші варіанти, як-от оптимізація сівозмін, але зважаючи на ринкову економіку, більшість господарств вирощують насамперед прибуткові (високорентабельні) культури.

Використання біопрепаратів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур фактично завжди зумовлює збільшення врожайності продукції (Смірнов та ін., 2002; Волкогон, 2006; Вінюков та ін., 2022; Баган і Гурба, 2025) та є екологічно безпечним для довкілля. Саме тому бактеризація насіння пшениці може бути важливим елементом технології вирощування даної культури. Завдяки покращенню фізіо-

логічного стану рослин зменшиться потреба в застосуванні синтетичних морфорегуляторів, внесенні високих доз мінеральних добрив, засобів захисту рослин тощо.

Використання біопрепаратів, розроблених на основі PGP ризобактерій, має широке впровадження в технологіях вирощування сільськогосподарських рослин, вони доводять свою ефективність вже протягом не одного десятиріччя (Airova et al., 2020).

Саме тому мета досліджень полягала у вивченні особливостей росту рослин, формування та функціонування фотосинтетичного апарату за дії бактеріальних суспензій, їхнього впливу на продуктивність культури.

Матеріал і методи

Дослідження проводились у польових умовах кафедри аграрних технологій та лісового господарства Національного університету «Чернігівська політехніка» на території НВД «Деснянка».

У досліді використовували пшеницю м'яку озиму *Triticum aestivum* L. сортів Тобак і Артїст з високим потенціалом продуктивності. Для передпосівної обробки насіння пшениці використовували суспензії бактерій *Bacillus* sp. 4, та *Azospirillum* sp., для контрольного варіанту насіння змочували водою. Бактеріальні суспензії попередньо отримані шляхом культивування на відповідних рідких поживних середовищах.

Строк сівби – перша декада жовтня, з міжряддям 15 см, норма висіву – 5 млн насінин на га, попередник – гречка. Обробіток ґрунту та система захисту посівів згідно із загальноприйнятою агротехнікою.

Розміщення варіантів дослідів систематичне, із триразовою повторністю.

Схема польового дослідів включала такі варіанти, як: 1) контроль – без обробки; 2) бактеризація насіння *Azospirillum* sp.; 3) бактеризація насіння *Bacillus* sp. 4; 4) бактеризація насіння *Azospirillum* sp. + *Bacillus* sp. 4. Іншим фактором дослідження були різні сорти пшениці озимої – Артїст і Тобак. Площа кожної дослідної ділянки становила 250 м².

Визначення площі листового апарату проводили найбільш поширеним методом висічок (Грицаєнко та ін., 2003).

Оскільки вміст хлорофілу суттєво залежить від часу доби, хмарності й опадів, відбір зразків проводили в першій половині доби. Окрім того, листки різних ярусів теж різняться за якісними характеристиками. Зокрема, для рослин пшениці, як і для більшості інших злакових, листя середнього

ярусу мають найбільше значення для процесу фотосинтезу.

Для визначення концентрації хлорофілу використовували фотометричний метод (ULAB 102 Spectrophotometer). Наважку листків масою 0,1 г поміщали у фарфорову ступку, додавали на кінчику шпателя CaCO_3 та розтирали із 2–5 мл 96%-го етанолу до гомогенного стану. Під час розтирання додавали ще 5 мл екстрагента. Отриману суспензію фільтрували в мірну колбу на 25 мл. За необхідності проводили повторну екстракцію до повного вилучення пігментів (знебарвлення рослинної тканини). Об'єм витяжки доводили до мітки. Фотометричні виміри проводили на спектрофотометрі «ULAB 102». Контрольний розчин – 96%-й етанол, кювети завдовжки 1 см. Умови проведення аналізу – кімнатна температура та розсіяне світло, адже прямі сонячні промені призводять до фотоокиснення молекул хлорофілу.

Визначення маси сухої речовини надземної частини рослин і кореневої системи проводили ваговим методом. Відібрані зразки рослин попередньо висушували до постійної маси за кімнатної температури.

Статистичну обробку даних проводили за допомогою Microsoft Excel.

Результати та їх обговорення

Бактерії роду *Bacillus* і *Azospirillum* є потенційними агентами біопрепаратів в агропромисловому виробництві (Hett et al., 2023; Gaspardo et al., 2023; Ibarra-Villarreal et al., 2023). На їхній основі розроблена низка мікробних препаратів, що успішно впроваджені в технологіях вирощування різних груп сільськогосподарських рослин. Ефективність їхньої дії зумовлена синтезом фітогормональних сполук, які мають вплив на регуляцію ростових процесів рослин та інші процеси життєдіяльності. Доведена ефективна робота агрономічно корисних мікроорганізмів у боротьбі з фітопатогенними бактеріями та грибами. Менш поширеним, але не менш важливим є прояв захисних властивостей ризосферних мікроорганізмів завдяки синтезу сидерофорів та інших вторинних метаболітів.

У низці наукових публікацій висвітлені результати дослідження впливу агрономічно цінних мікроорганізмів на фізіологічний стан рослин, зокрема й на фотосинтетичний апарат (Шейко, 2023; Каленська і Гордіна, 2023). Так, А.М Гончар і М.В. Патики дослідили позитивну дію штамів *B. subtilis* на фотохімічну активність проростків пшениці. Рослини, оброблені суспензіями бактерій,

більш ефективно використовували поглинуте світло (Гончар і Пати́ка, 2022). Одним із можливих механізмів дії може бути вплив цитокінінів на процеси хлоропластогенезу.

Інтегральним процесом, який підсумовує всі фізіолого-біохімічні зміни в організмі, є процес росту. Кількісні показники росту дозволяють визначити рівень забезпеченості рослин поживними речовинами й ефективність дії біологічно активних речовин. Нами встановлено, що передпосівна обробка насіння суспензіями бактерій мала позитивний вплив на показник росту рослин, але простежується відмінність між сортами пшениці (табл. 1). Так, сорт Артїст є більш чутливим до дії *Azospirillum* sp., а сорт Тобак – до бактеризації насіння бактеріями *Bacillus* sp. 4 та сумісного застосування *Azospirillum* sp. + *Bacillus* sp. 4 (різниця між даними варіантами недостовірна). Загалом, приріст у довжину перевищував показники контролю (без бактеризації) на 3,4–7,5% у варіантах із сортом Артїст, на 9,4–14,4% із сортом Тобак.

Ріст рослин – це процес, що супроводжується активним поділом клітин у зоні інтеркалярної меристеми та їх подальшим ростом шляхом розтягнення. Як і будь-які інші процеси, ріст є гормон-залежним, зокрема, на поділ клітин впливають ауксини та цитокініни. Отже, суттєве збільшення висоти рослин пшениці в дослідних варіантах із застосуванням суспензій мікроорганізмів може свідчити про їхню здатність синтезувати фітогормональні сполуки й опосередковано впливати на покращення живлення рослин (рис. 1), але ця гіпотеза потребує подальшого підтвердження.

Одним із важливих показників продукційного процесу також є площа листової

поверхні. Результати досліджень впливу інокуляції на фотосинтетичну діяльність пшениці озимої наведені в таблиці 1. Обидва досліджувані сорти сформували до періоду фази цвітіння найбільшу листову поверхню у варіантах з комбінованою інокуляцією насіння *Azospirillum* sp. та *Bacillus* sp. 4. У сортів Артїст і Тобак площа листків у зазначених варіантах становила 52,18 та 59,98 тис. м²/га відповідно. Також простежувалось активне наростання площі листового апарату у варіантах з бактеризацією насіння монокультурами бактерій. Сорт Тобак досить чутливий до бактеризації культурою *Azospirillum* sp., приріст площі листової поверхні становив 34% до контролю, менший приріст мали рослини сорту Артїст – 12,7% у варіанті з інокуляцією *Bacillus* sp. 4 щодо контролю.

Отже, передпосівна інокуляція насіння пшениці культурами *Azospirillum* sp. та *Bacillus* sp. 4 також сприяла збільшенню листової поверхні пшениці різних сортів.

Хлорофіл як важливий компонент фотосинтетичного апарату рослин активно досліджується щодо визначення ефективності дії того чи іншого чинника на рослини. Передусім вміст хлорофілу в рослинах зумовлений генетичною природою культури, етапом її розвитку, також він залежить від екзогенних чинників – внесення добрив, застосування регуляторів росту рослин тощо. Нестача хлорофілу, як головного фотокаталізатора, обмежує ефективність фотосинтезу.

Вміст фотосинтетичних пігментів у листках пшениці озимої у фазі цвітіння в різних варіантах дослідів суттєво різнився. Він залежав від сорту та варіанту інокуляції. Найвищий вміст суми хлорофілів (*a* + *b*)

Таблиця 1

Біометричні показники рослин пшениці (фаза цвітіння)

Варіант досліді	Висота рослин, см	Площа листків, тис. м ² /га
<i>Сорт Артїст</i>		
Контроль (без бактеризації)	82,2 ± 1,1	42,12 ± 0,41
Бактеризація насіння <i>Azospirillum</i> sp.	88,4 ± 1,2	44,76 ± 0,36
Бактеризація насіння <i>Bacillus</i> sp. 4	85,5 ± 1,0	47,47 ± 0,40
Бактеризація насіння <i>Azospirillum</i> sp. + <i>Bacillus</i> sp. 4	85,4 ± 0,3	52,18 ± 0,51
<i>Сорт Тобак</i>		
Контроль (без бактеризації)	80,6 ± 1,4	37,28 ± 0,36
Бактеризація насіння <i>Azospirillum</i> sp.	88,2 ± 0,8	50,06 ± 0,47
Бактеризація насіння <i>Bacillus</i> sp. 4	92,2 ± 1,1	44,92 ± 0,39
Бактеризація насіння <i>Azospirillum</i> sp. + <i>Bacillus</i> sp. 4	91,1 ± 1,2	59,98 ± 0,27

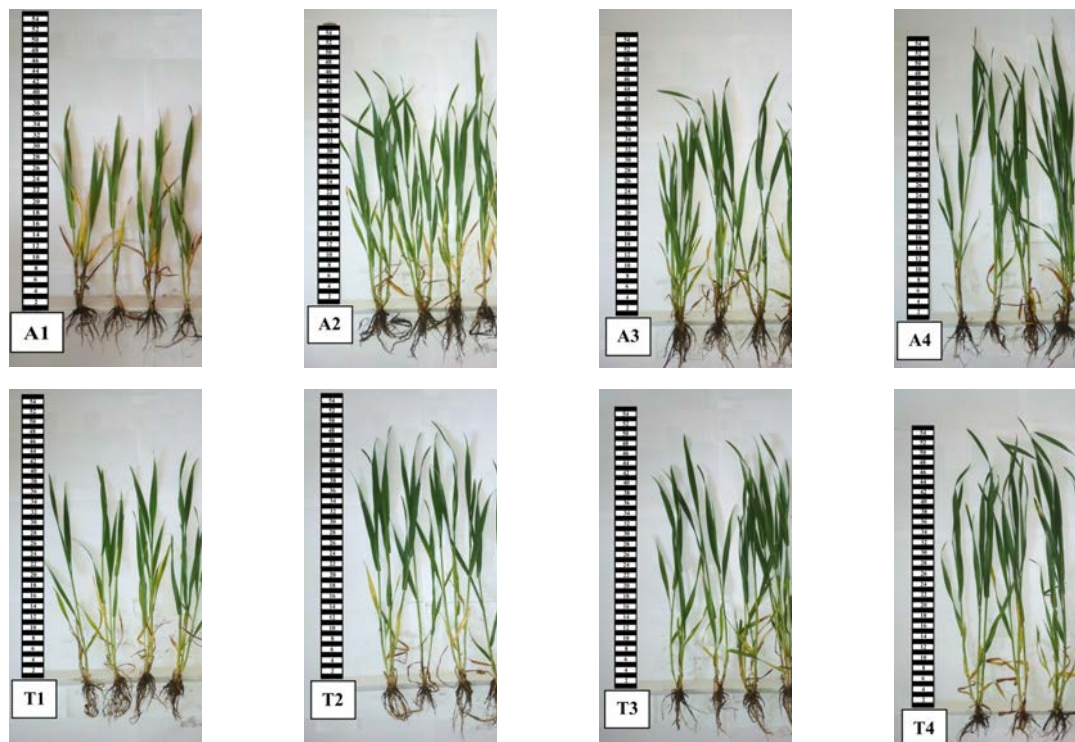


Рис. 1. Вплив *Azospirillum* sp. та *Bacillus* sp. 4 на ріст і розвиток рослин пшениці озимої:
А – сорт Артіст, Т – сорт Тобак, 1 – контроль без бактеризації, 2 – бактеризація насіння *Azospirillum* sp., 3 – бактеризація насіння *Bacillus* sp. 4, 4 – бактеризація насіння *Azospirillum* sp. + *Bacillus* sp. 4

зафіксовано у варіанті з бактеризацією насіння пшениці сорту Тобак культурами *Azospirillum* sp. та *Bacillus* sp. 4 – 7,74 мг/г сухої маси. Поєднане застосування культури різних ізолятів бактерій також сприяло суттєвому збільшенню фотосинтетичних пігментів на дослідних ділянках із пшеницею сорту Артіст, приріст щодо контролю становив 39%. Бактеризація насіння зазначено сорту сприяла збільшенню вмісту в листках хлорофілу *a* від 3,23 мг/г сухої маси (у контролі) до 3,91 мг/г сухої маси у варіанті з обробкою *Azospirillum* sp. Вищим щодо контролю вміст хлорофілу *a* був у варіанті з передпосівною обробкою насіння культурою *Bacillus* sp. 4 в досліді із сортом пшениці Тобак, приріст становив 2,58 мг/г сухої маси.

Зростання вмісту фотосинтетичних пігментів у зеленій масі рослин пшениці за дії мікробних препаратів можна пояснити покращенням умов мінерального живлення, адже бактерії роду *Azospirillum* є активними асоціативними азотфіксаторами, а *Bacillus* – фосфатмобілізаторами, та збільшенням пулу біологічно активних речовин, що може позитивно впливати на біосинтез молекул пігментів.

У низці наукових робіт висвітлено кореляційний зв'язок між вмістом фотосинтезуючих пігментів у рослинах пшениці й урожайністю (Рожков, 2014; Короткова та ін., 2022). Встановлено, що маса сухої речовини збільшувалась по варіантах і залежно від сорту, також відмічено зміну розподілу сухої речовини між надземною частиною та кореневою системою. Більші значення зафіксовані в досліді із сортом Тобак, зокрема, у варіанті з бактеризацією насіння *Azospirillum* sp. + *Bacillus* sp. 4 маса кореневої системи становила 24,30 г та 26,22 г надземної частини. Водночас статистично значущо зростав даний показник і за комбінованого застосування культур мікроорганізмів у посівах із сортом Артіст, становив 24,30 г (листо-стеблова маса) та 23,39 г (коренева система), що перевищувало контрольні показники на 32 та 77% відповідно (табл. 3).

Стимулювання ростових процесів рослин може бути пов'язане, як ми вже зазначали, зі здатністю бактерій продукувати фізіологічно активні речовини, серед яких важливе місце належить фітогормональним сполукам. Для підтвердження даного при-

Таблиця 2

Вміст хлорофілу, мг/г, фаза цвітіння

Варіант досліджу	Вміст хлорофілів, мг/г сухої маси		
	хлорофіл а	хлорофіл b	хлорофіл а + b
<i>Сорт Арміст</i>			
Контроль (без бактеризації)	3,23 ± 0,11	1,42 ± 0,21	4,65 ± 0,32
Бактеризація насіння <i>Azospirillum</i> sp.	3,91 ± 0,22	1,44 ± 0,16	5,35 ± 0,38
Бактеризація насіння <i>Bacillus</i> sp. 4	3,88 ± 0,18	1,77 ± 0,20	5,65 ± 0,38
Бактеризація насіння <i>Azospirillum</i> sp. + <i>Bacillus</i> sp. 4	4,92 ± 0,11	1,58 ± 0,11	6,50 ± 0,20
<i>Сорт Тобак</i>			
Контроль (без бактеризації)	3,60 ± 0,14	1,56 ± 0,06	5,16 ± 0,20
Бактеризація насіння <i>Azospirillum</i> sp.	3,84 ± 0,22	1,47 ± 0,12	5,31 ± 0,34
Бактеризація насіння <i>Bacillus</i> sp. 4	4,55 ± 0,10	2,34 ± 0,14	6,89 ± 0,24
Бактеризація насіння <i>Azospirillum</i> sp. + <i>Bacillus</i> sp. 4	5,54 ± 0,13	2,20 ± 0,09	7,74 ± 0,22

Таблиця 3

Маса сухої речовини рослин пшениці, фаза цвітіння

Варіант досліджу	Повітряно-суха маса, г	
	листо-стеблова маса	коренева система
<i>Сорт Арміст</i>		
Контроль (без бактеризації)	18,35 ± 1,14	13,16 ± 0,56
Бактеризація насіння <i>Azospirillum</i> sp.	23,45 ± 0,96	23,25 ± 0,39
Бактеризація насіння <i>Bacillus</i> sp. 4	24,22 ± 0,90	20,53 ± 1,23
Бактеризація насіння <i>Azospirillum</i> sp. + <i>Bacillus</i> sp. 4	24,30 ± 1,00	23,39 ± 0,61
<i>Сорт Тобак</i>		
Контроль (без бактеризації)	19,03 ± 1,10	12,81 ± 0,70
Бактеризація насіння <i>Azospirillum</i> sp.	22,58 ± 1,00	18,08 ± 0,93
Бактеризація насіння <i>Bacillus</i> sp. 4	22,17 ± 0,94	15,69 ± 0,64
Бактеризація насіння <i>Azospirillum</i> sp. + <i>Bacillus</i> sp. 4	26,22 ± 1,00	24,30 ± 1,17

пущення необхідно провести лабораторні дослідження з виявлення фітогормональної активності інокулянтів. Адже за літературними джерелами відомо, що саме фітогормональні сполуки (ауксини, цитокініни, гібереліни тощо) є важливими координаторами фізіологічних процесів рослин – проростання, коренеутворення, цвітіння, утворення плодів тощо (Asghar et al., 2023).

Висновки

На основі отриманих результатів можемо зазначити, що чутливість до інокуляції була в усіх сортів, особливо за одночасної обробки культурами *Azospirillum* sp. і *Bacillus* sp. 4.

Обробка насіння мікробними препаратами в чистому вигляді та за їх комбінування значно підвищувала показники висоти рослин, вмісту фотосинтетичних пігментів і маси сухої речовини порівняно з необробленими варіантами.

Отже, інокуляція насіння пшениці озимої біопрепаратами як окремого, так і комплексного застосування сприяє більш повному розвитку фотосинтетичної поверхні рослин та продукційного процесу, залишається водночас екологічно безпечним і економічно вигідним елементом технології вирощування пшениці.

Список використаної літератури

Баган А.В., Гурба В.С. Вплив біопрепаратів на врожайність сортів пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum* L.). *Аграрні інновації*. 2025. № 29. С. 7–11. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.29.1>.

Вінюков О.О., Чугрій Г.А., Поплевко В.І., Шульц П., Скнипа Н.А. Вплив мікробіологічних препаратів на фізіологічні процеси формування зернової продуктивності озимої пшениці. *Вісник*

Полтавської державної аграрної академії. 2022. № 2 (2). С. 11–20. <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.02.01>.

Гончар А.М., Пати́ка М.В. Вплив бактерій *Bacillus subtilis* на стан і активність фотосинтетичного апарату рослин пшениці озимої (*Triticum aestivum* L.). *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2022. Вип. 36. С. 28–35. <https://doi.org/10.35868/1997-3004.36.28-35>.

Грицаєнко З.М., Грицаєнко А.О., Карпенко В.П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів / за ред. З.М. Грицаєнко. Київ : ЗАТ «НІЧЛАВА», 2003. 320 с.

Каленська С.М., Гордина О.Ю. Асиміляційна поверхня пшениці озимої залежно від передпосівної обробки насіння біологічними препаратами. *Новітні агротехнології*. 2023. Т. 11. № 2. С. 1–12 <https://doi.org/10.47414/na.11.2.2023.285330>.

Короткова І.В., Чайка Т.О., Ромашко Т.П., Рибальченко А.М. Вміст фотосинтетичних пігментів у рослинах пшениці полби як критерій продуктивності за традиційної та органічної технології вирощування. *Innov Biosyst Bioeng*. 2022. Vol. 6 (1). С. 31–39.

Мікробні препарати в землеробстві. Теорія і практика : монографія / В.В. Волкогон та ін. Київ : Аграрна наука. 2006. 312 с.

Рожков А.О. Вміст пігментів фотосинтезу в листках рослин пшениці твердої ярої за дії підживлень посівів сечовиною та мікродобривами. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2014. Вип. 195 (1). С. 101–107.

Смірнов В.В., Підгорський В.С., Іутинська Г.О., Антипчук А.Ф., Пати́ка В.П. Мікробні біотехнології в сільському господарстві. *Вісник аграрної науки*. 2002. № 4. С. 5–10.

Шейко Д.В. Фотосинтетичний потенціал сортів пшениці озимої залежно від способів застосування біологічно активних препаратів в умовах Західного Лісостепу. *Аграрні інновації*. 2023. № 19. С. 115–119. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.1.18>.

Aipova R., Abdykadyrova A., Silayev D., Tazabekova E., Oshergina A., Kurmanbayev A. The fabrication of the complex bio-fertilizer for wheat cultivation based on collection bacteria of the PGPR group. *Biodiversitas*. 2020. Vol. 21. № 11. P. 5032–5039. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d211107>.

Asghar I., Ahmed M., Farooq M.A., Ishtiaq M., Arshad M., Akram M., Umair A., Alrefaei A.F., Jat Baloch M.Y., Naeem A. Characterizing indigenous plant growth promoting bacteria and their synergistic effects with organic and chemical fertilizers on wheat (*Triticum aestivum*). *Front. Plant Sci*. 2023. № 14. P. 1232271. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1232271>.

Gaspareto R.N., Jalal A., Ito W.C.N., Oliveira C.E.d.S., Garcia C.M.d.P., Boleta E.H.M., Rosa P.A.L., Galindo F.S., Buzetti S., Ghaley B.B. Inoculation with Plant Growth-Promoting Bacteria and Nitrogen Doses Improves Wheat Productivity and Nitrogen Use Efficiency. *Microorganisms*. 2023. Vol. 11. P. 1046. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11041046>.

Hett J., Neuhoﬀ D., Döring T.F., Masoero G., Ercole E., Bevivino A. Effects of Multi-Species Microbial Inoculants on Early Wheat Growth and Litterbag Microbial Activity. *Agronomy*. 2022. Vol. 12. № 899. <https://doi.org/10.3390/agronomy12040899>.

Ibarra-Villarreal A.L., Villarreal-Delgado M.F., Parra-Cota F.I., Yepez E.A., Guzmán C., Gutierrez-Coronado M.A., Santos-Villalobos S. de L. Effect of a native bacterial consortium on growth, yield, and grain quality of durum wheat (*Triticum turgidum* L. subsp. *durum*) under different nitrogen rates in the Yaqui Valley, Mexico. *Plant Signaling & Behavior*. 2023. Vol. 18 (1). <https://doi.org/10.1080/15592324.2023.2219837>.

References

Baghan, A.V., & Ghurba, V.S. (2025). Vplyv biopreparativ na urozhajnistj sortiv pshenyci m'jakoji ozymoju (*Triticum aestivum* L.) [Impact of biological products on the yield of soft winter wheat varieties]. *Aghrarni innovaciji* [Agrarian innovations], 29, 7–11. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.29.1> [in Ukrainian].

Viniukov, O., Chuhrii, H., Poplevko, V., Shults, P., & Sknypa, N. (2022). Vplyv mikrobiolohichnykh preparativ na fiziolohichni protsesy formuvannia zernovoi produktyvnosti ozymoju pshenytsi [Influence of microbiological preparations on the physiological processes of formation of grain productivity of winter wheat]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi aharnoi akademii* [Bulletin of the Poltava State Agrar Academy], 2 (2), 11–20. <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.02.01> [in Ukrainian].

Volkoghon, V.V. (2006). Mikrobni preparaty u zemlerobstvi. Teorija i praktyka: [monoghrafija] / V.V. Volkoghon, O.V. Nadkernychna, T.M. Kovalevsjka ta in. Kyiv: Aghrarna nauka. 312 [in Ukrainian].

Ghonchar, A.M., & Patyka, M.V. (2022). Vplyv bakterij *Bacillus subtilis* na stan i aktyvnistj fotosyntetychnogho aparatu roslyn pshenyci ozymoju (*Triticum aestivum* L.) [The effect of *Bacillus*

subtilis bacteria on the state and activity of the photosynthetic apparatus of winter wheat plants (*Triticum aestivum* L.)). *Sil'skoghospodarsjka mikrobiologhija* [Agricultural microbiology], 36, 28–35. <https://doi.org/10.35868/1997-3004.36.28-35> [in Ukrainian].

Ghrycajenko, Z.M., Ghrycajenko, A.O., & Karpenko, V.P. (2003). *Metody biologichnykh ta aghrokhimichnykh doslidzhenj roslin i gruntiv* [Methods of biological and agrochemical studies of plants and soil] / za red. Z. M. Ghrycajenko. Kyiv: ZAT "NICH LAVA", 320 [in Ukrainian].

Kalensjka, S.M., & Ghordyna, O.Ju. (2023). Asymilacijna poverkhnja pshenyci ozymozi zalezno vid peredposivnoji obrobky nasinnja biologichnymy preparatamy [The assimilation surface of winter wheat depending on the pre-sowing treatment of seeds with biological preparations. The latest agrotechnology.]. *Novitni aghrotekhnologhiji* [The latest agrotechnology.], 11, 1–12. <https://doi.org/10.47414/na.11.2.2023.285330> [in Ukrainian].

Korotkova, I.V., Chajka, T.O., Romashko, T.P., & Rybalchenko, A.M. (2022). Vmist fotosyntetychnykh pighmentiv u roslinakh pshenyci polby jak kryterij produktyvnosti za tradycijnoji ta orghanichnoji tekhnologhij vyroshhuvannja [The content of photosynthetic pigments in wheat plants as a product of productivity by traditional and organic cultivation technologies.]. *Innov Biosyst Bioen.*, 6 (1), 31–39 [in Ukrainian].

Rozhkov, A.O. (2014). Vmist pighmentiv fotosyntezy v lystkakh roslin pshenyci tvrdoji jarozi za diji pidzhyvlenj posviv sechovynuju ta mikrodobryvamy [The content of photosynthesis pigments in the leaves of plant wheat of solid spring for the effects of feeding of urea crops and microfertilizers.]. *Naukovyj visnyk Nacional'nogho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannja Ukrajinu* [Scientific Bulletin of the National University of Bioresources and Environmental Management of Ukraine], 195 (1), 101–107 [in Ukrainian].

Smirnov, V.V., Pidghorskyj, V.S., Iutynsjka, Gh.O., Antypchuk, A.F., & Patyka, V.P. (2002). Mikrobni biotekhnologhiji u sil'sjkomu ghospodarstvi [Microbial biotechnologies in agriculture.]. *Visnyk aghrarnoji nauky* [Bulletin of agrarian science], 4, 5–10 [in Ukrainian].

Shejko, D.V. (2023). Fotosyntetychnyj potencial sortiv pshenyci ozymozi zalezno vid sposobiv zastosuvannja biologichno aktyvnykh preparativ v umovakh Zakhidnogho Lisostepu [The photosynthetic potential of winter wheat varieties depending on the methods of use of biologically active drugs in the Western Forest-Steppe conditions. Agrarian innovations.]. *Aghrarni innovaciji* [Agrarian innovations], 19, 115–119 <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.1.18> [in Ukrainian].

Aipova, R., Abdykadyrova, A., Silayev, D., Tazabekova, E., Oshergina, A., & Kurmanbayev, A. (2020). The fabrication of the complex bio-fertilizer for wheat cultivation based on collection bacteria of the PGPR group. *Biodiversitas*, 21, 5032–5039. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d211107> [in English].

Asghar, I., Ahmed, M., Farooq, M.A., Ishtiaq, M., Arshad, M., Akram, M., Umair, A., Alrefaei, A.F., Jat Baloch, M.Y., & Naeem, A. (2023). Characterizing indigenous plant growth promoting bacteria and their synergistic effects with organic and chemical fertilizers on wheat (*Triticum aestivum*). *Front. Plant Sci.*, 14: 1232271. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1232271> [in English].

Gaspareto, R.N., Jalal, A., Ito, W.C.N., Oliveira, C.E.d.S., Garcia, C.M.d.P., Boleta, E.H.M., Rosa, P.A.L., Galindo, F.S., Buzetti, S., & Ghaley, B.B. (2023). Inoculation with Plant Growth-Promoting Bacteria and Nitrogen Doses Improves Wheat Productivity and Nitrogen Use Efficiency. *Microorganisms*, 11, 1046. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11041046> [in English].

Hett, J., Neuhooff, D., Döring, T.F., Masoero, G., Ercole, E., & Bevivino, A. (2022). Effects of Multi-Species Microbial Inoculants on Early Wheat Growth and Litterbag Microbial Activity. *Agronomy*, 12, 899. <https://doi.org/10.3390/agronomy12040899> [in English].

Ibarra-Villarreal, A.L., Villarreal-Delgado, M.F., Parra-Cota, F.I., Yopez, E.A., Guzmán, C., Gutierrez-Coronado, M.A., & Santos-Villalobos, S. de L. (2023). Effect of a native bacterial consortium on growth, yield, and grain quality of durum wheat (*Triticum turgidum* L. subsp. durum) under different nitrogen rates in the Yaqui Valley, Mexico. *Plant Signaling & Behavior*, 18 (1). <https://doi.org/10.1080/15592324.2023.2219837> [in English].

Отримано: 28.07.2025
Прийнято: 02.09.2025
Опубліковано: 17.10.2025

