

## ФОРМУВАННЯ УРОЖАЙНОСТІ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД СОРТОВИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТА ВПЛИВУ БІОСТИМУЛЯТОРІВ НА ОСНОВІ РИЗОБАКТЕРІЙ

ПАЛАЗЮК Б.О. – аспірант

*orcid.org/0009-0006-4525-5826*

Полтавський державний аграрний університет

ЮРЧЕНКО С.О. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент

*orcid.org/0000-0002-5812-3877*

Полтавський державний аграрний університет

**Постановка проблеми.** Успішність розвитку рослини значною мірою визначається процесами, які відбуваються в ризосфері – вузькій зоні ґрунту, що перебуває під безпосереднім впливом корневих виділень та асоційованих мікроорганізмів. Саме тут формується мікробна спільнота, здатна змінювати фізіологію рослин, регулювати доступність поживних елементів і визначати рівень їхньої стійкості до біотичних та абіотичних факторів. Серед численних представників мікробіоти ризосфери особливу увагу привертають ризобактерії, що мають потенціал для використання як біостимулятори в сучасних агротехнологіях [13,10].

Використання біостимуляторів на основі ризобактерій у технології вирощування пшениці озимої є сучасним та екологічним підходом до забезпечення сталості виробництва. Численні дослідження підтверджують позитивний вплив на урожайність біостимуляторів, які містять у своєму складі мікроорганізми, отримані із ризосфери ґрунту. Позитивний ефект пояснюється здатністю RGPB встановлювати симбіотичний зв'язок з рослиною, внаслідок чого покращується доступність елементів живлення, підвищується стійкість культури до шкідливих патогенів і стресових факторів (посуха, засолення) [1,9].

У складі комерційних біостимуляторів використовують роди мікроорганізмів, які можна класифікувати за основними функціональними групами: фіксатори азоту (*Azotobacter*, *Azospirillum*, *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*), солюбілізатори фосфатів та мобілізатори поживних елементів (*Bacillus*, *Pseudomonas*, *Enterobacter*, *Arthrobacter*), агенти біоконтролю патогенів (*Streptomyces*, *Bacillus*, *Pseudomonas*), а також мікроорганізми, що підвищують стійкість до абіотичних стресів і беруть участь у процесах детоксикації (*Acinetobacter*, *Rhodococcus*, *Ochrobactrum*). Ризобактерії виявляють комплексну дію, тому така класифікація є умовною [7,8].

Попри значний науковий інтерес до вивчення цих біостимуляторів, питання ефективності їх застосування залишається дискусійним, особливо з урахуванням кліматичних змін у Лісостеповій зоні України.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Однією з переваг застосування азотомобілізуючих бактерій є зменшення норми внесення азотних добрив. Gorski M. та інші зазначають, що застосування бактеріального препарату на основі *Azotobacter* та *Arthrobacter* у посівах пшениці озимої дозволяє зменшити норму азотних

добрив на 33 % без втрати урожайності. У разі застосування препарату як окремого чинника отримано приріст урожайності на рівні 17 %, що пояснюється підвищенням густоти та озерненості колоса [9].

Шувар А. зазначає, що передпосівна обробка насіння пшениці озимої та обробка по вегетації препаратом на основі *Agrobacterium radiobacter* та *Azotobacter chroococcum* сприяли підвищенню урожайності на 0,4–0,5 т/га, а рівень рентабельності становив 115–135 % [8].

Незалежні дослідження засвідчують, що інокуляція насіння пшениці штамми *Azotobacter* сприяє підвищенню показників проростання і життєздатності, поліпшенню структурних елементів продуктивності (довжини надземної частини, колоса, кількості та маси зерен), зростанню вмісту азоту й сирого протеїну в зерні, що загалом забезпечує приріст урожайності на 8–16 % залежно від умов живлення [1,9,7].

Позитивний вплив на продуктивність посівів відзначено і у разі застосування фосфатомобілізуючих бактерій роду *Bacillus*, які сприяють підвищенню доступності фосфору для рослин.

Cansu Oksel та ін. встановили, що інокуляція *Bacillus simplex* і *B. pumilus* стимулює ріст озимої пшениці та підвищує врожайність на 9,6–29,3 % завдяки збільшенню озерненості колоса, одночасно знижуючи потребу в добривах і підвищуючи стійкість до патогенів [10].

За даними Каленської С. та Гордіної О., біопрепарат на основі *B. subtilis*, *B. azotofixans* і *B. megaterium* забезпечив приріст врожайності на 0,87–0,92 т/га залежно від поєднання з мікродобривами [2,3].

Radzikowska-Kujawska D. та ін. показали, що препарати на основі *Bacillus sp.* і *B. velezensis* підвищували стійкість пшениці до посухи та забезпечили приріст врожайності на 38 % [13].

За результатами Wang Z. та ін., інокуляція *Pseudomonas moraviensis*, *Bacillus safensis* і *Falsibacillus pallidus* підвищила врожайність пшениці на 14,4 % ( $p < 0,05$ ) на фоні фосфорного удобрення. Також відзначено зростання вмісту лабільних форм фосфору в ґрунті та активності мікробіоти, що свідчить про потенціал цих бактерій у підвищенні його доступності без додаткового внесення мінеральних добрив [14].

Високу ефективність демонструють і мікробні комплекси. Так, Заєць С. та ін. відзначають, що застосування препарату під час обробки насіння, до складу

якого входять *Azotobacter*, *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Bacillus subtilis*, *B. cereus*, *B. megaterium*, *Lactobacillus* та *Trichoderma*, забезпечило приріст врожайності на 0,98 т/га та рівень рентабельності 101 % [6].

PGPR-бактерії проявляють не лише ростостимулюючу дію, а й входять до складу біофунгіцидів і біоінсектицидів, що дозволяє зберігати 0,76–0,79 т/га врожаю озимої пшениці [5]. За даними Поспелової Г. та ін., такі препарати мають пролонгований вплив на структуру врожаю (продуктивна кущистість +10,3 %, озерненість +12,2 %, маса зерна з колоса +8,3 %) та виявляють фунгістатичний і еліситорний ефекти з технічною ефективністю проти гнилей до 51,8 % [4]. Власюк О. встановив, що передпосівна інюляція насіння мультиштамовими композиціями (*Bacillus velezensis*, *Agrobacterium pusense*, *Paenibacillus polymyxa*, *Enterococcus*, *Lactobacillus*, *Trichoderma* та ін.) підвищує врожайність на 5,7–8,8 %, тоді як комплексне застосування біопрепаратів (насіння + листкова поверхня + ґрунт) забезпечує підвищення врожайності на 2,6–9,2 % і суттєво знижує ураження кореневими гнилями (6,9–9,6 %) та борошнистою росою (60–64 % проти 77–80 % у контролі) [5].

Проведений аналіз наукових джерел свідчить, що застосування біопрепаратів на основі ризобактерій та їхніх мікробних комплексів у технології вирощування озимої пшениці забезпечує не лише приріст врожайності (від 2,6 до 38 % залежно від умов), а й поліпшення структурних елементів продуктивності, підвищення вмісту білка й азоту в зерні, зростання стійкості рослин до абіотичних і біотичних стресів. Водночас ефективність біостимуляторів значною мірою залежить від умов вирощування, сорту та рівня мінерального живлення, що потребує додаткового вивчення у конкретних ґрунтово-кліматичних зонах.

Метою дослідження є оцінка впливу біостимуляторів на основі ризобактерій на продуктивність озимої пшениці в умовах Лісостепу України.

**Мета статті.** Встановлення закономірностей формування урожайності пшениці м'якої озимої залежно від сортових властивостей та впливу біостимуляторів на основі ризобактерій.

**Матеріали та методика досліджень.** Польові дослідження проводилися протягом трьох років (2022–2025) на дослідному полі Полтавського державного аграрного університету, що знаходиться в Центральній-Східній зоні Лісостепу України. Клімат зони помірно-континентальний і відноситься до зони недостатнього зволоження. Ґрунтовий покрив представлений чорноземом опідзоленим. За агрохімічними показниками ґрунт характеризується вмістом гумусу на рівні 3,8–4,0 %, вмістом легкогідролізованого азоту (за Тюріним та Коновою) – 120,3–126,4 мг/кг, рухомого фосфору за Чириковим ( $P_2O_5$  в оцтовокислій витяжці) – 102,5–129,6 мг/кг та обмінного калію (за Масловою) – 173,2–198,7 мг/кг ґрунту. Щільність ґрунту становила 1,06–1,16 г/см<sup>3</sup>.

Об'єктом дослідження були сорти пшениці м'якої озимої «Манжелія» (Полтавська державна аграрна академія), «Богдана» (НААН України), «Алтіго» (LG Seeds). У досліді вивчали ефективність застосування ризобактерій у поєднанні.

Повторність досліду чотирикратна. Метод розміщення ділянок – неповна рендомізація. Площа ділянки: 13 м<sup>2</sup>. Площа облікової ділянки: 10 м<sup>2</sup>. Попередник: чорний пар. Сівба ділянок здійснювалася селекційною сівалкою КЛЕН – 1,5, норма висіву 5,0 млн.шт./га, глибина загорання: 3 см. Посів виконували у оптимальні строки у III декаді вересня. Для сівби використовували насіння очищене та відкаліброване за крупністю та питомою вагою, оброблене протруйником (седаксан, 25 г/л, флудиоксоніл, 25 г/л, тебуконазол, 10 г/л, тіаметоксам, 175 г/л.).

Економічний поріг шкодочинності хвороб та шкідників не був перевищений, тому засоби захисту рослин не застосувалися. Збирання проводили прямим комбайнування комбайном Samro – 130, у фазу повної стиглості за вологості 14,0 %.

У досліді було передбачено п'ять варіантів застосування біопрепаратів.

Перший варіант був контрольним і не передбачав застосування біопрепаратів.

Другий варіант передбачав використання моно-препарату на основі *Azotobacter chroococcum*, який, окрім живих клітин бактерій (не менше  $1,0 \times 10^9$  КУО/см<sup>3</sup>), містив біологічно активні продукти їхньої життєдіяльності – амінокислоти, вітаміни, фітогормони та фунгіцидні речовини

Третій варіант відрізнявся тим, що включав консорціум кількох азотфіксувальних і асоціативних бактерій – *Azotobacter chroococcum*, *Azotobacter vinelandii*, *Azospirillum brasilense* та *Azospirillum lipoferum* ( $1,0 \times 10^9$  КУО/мл), що дозволяло оцінити синергетичну дію різних штамів у ризосфері.

Четвертий варіант ґрунтувався на застосуванні ґрунтових спороутворюючих бактерій (*Bacillus megaterium*, *Bacillus amyloliquefaciens*) у поєднанні з мікроміцетами *Trichoderma harzianum* ( $1,0 \times 10^9$  КУО/мл), що забезпечує як рістстимулюючий ефект, так і біоконтроль ґрунтових патогенів.

У п'ятому варіанті використовувався комплексний препарат, який поєднував азотфіксувальні та фосформобілізувальні мікроорганізми: *Bacillus velezensis* (*Bacillus subtilis*), *Bacillus subtilis*, *Priestia megaterium* (*Bacillus megaterium* var. *phosphaticum*), *Agrobacterium pusense* (*Azotobacter chroococcum*), *Agrobacterium salinitolerans* (*Enterobacter*), *Paenibacillus polymyxa*.

Обробку рослин препаратами проводили у фазі весняної вегетації (ВВСН 22 – два бокові пагони) у похмуру погоду, що сприяло кращому засвоєнню робочого розчину. Роботи виконували при середньодобовій температурі повітря +7 °С, у денний час під час внесення температура становила 8,6 °С. Внесення робочого розчину здійснювали у вигляді крупнокраплинного факела. Норма витрати робочого розчину становила 1,0 л/га. Для дослідних ділянок ця доза була перерахована пропорційно до їхньої площі та відповідно внесена з урахуванням розмірів кожної ділянки.

Урожайність визначали суцільним методом з облікових ділянок площею 10 м<sup>2</sup> з подальшим перерахунком в т/га.

Експериментальні дані узагальнювали та графічно відображали з використанням MS Excel. Статистичний

аналіз проводили за допомогою пакета прикладних програм Statistica 12.0.

**Результати досліджень та їх обговорення.**

У 2023 р. середньомісячні температури загалом відповідали багаторічним значенням. У 2024 р. спостерігалось суттєве підвищення температур у квітні, червні та липні на 2–3 °С, що створювало умови теплового стресу для рослин. У 2025 р. температурний режим був близьким до середніх багаторічних показників, за винятком значно теплішого березня (+5 °С) (рис. 1).

У 2023 р. кількість опадів у березні–червні була відносно сприятливою: сумарно за цей період випало 226 мм, що на 11 % більше від багаторічних показників (203 мм). Попри меншу кількість у травні (25,9 мм проти 56,7 мм), значні опади у квітні (107,7 мм) забезпечили достатні запаси ґрунтової вологи для нормального розвитку озимої пшениці.

У 2024 р. умови зволоження були значно гіршими: сумарно за березень–червень випало лише 140 мм, що на 31 % менше від багаторічних даних. Найбільш дефіцитними для водозабезпечення культури були березень (20 мм проти 39,2 мм) та травень (18,4 мм проти 56,7 мм), що збігалось з критичними фазами розвитку рослин і негативно вплинуло на формуванні врожайності.

У 2025 р. загальна кількість опадів за березень–червень становила 162 мм, або 80 % від багаторічних значень (на 20 % менше). Найбільш дефіцитними виявилися квітень (17 мм проти 35,8 мм) та липень (27,8 мм проти 65,4 мм). Водночас травень відзначався істотними опадами (76,3 мм проти 56,7 мм), що позитивно вплинуло на водозабезпечення посівів у фазу виходу в трубку – колосіння та сприяло кращому формуванню врожайності, ніж у попередньому році (рис. 2).

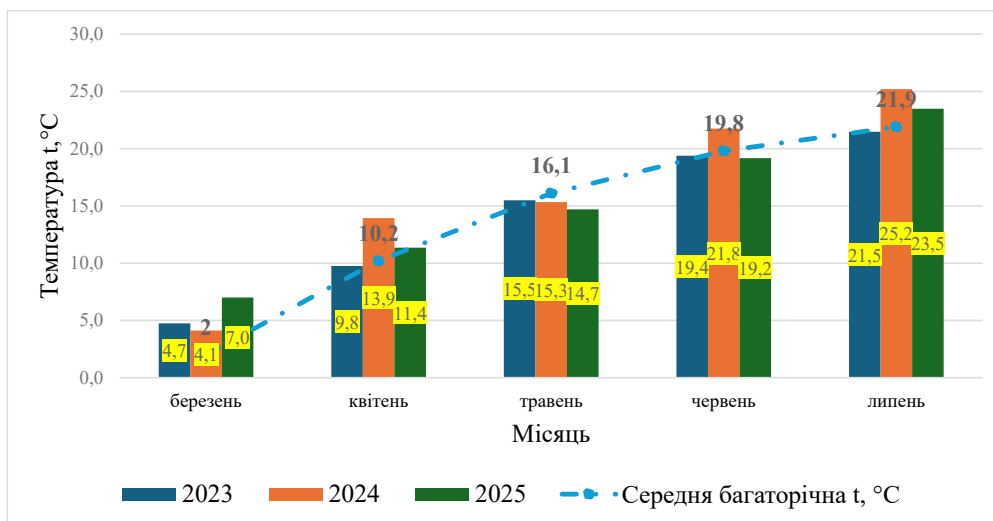


Рис. 1. Середньомісячні температури повітря у березні–липні 2023–2025 рр. у порівнянні з багаторічними показниками

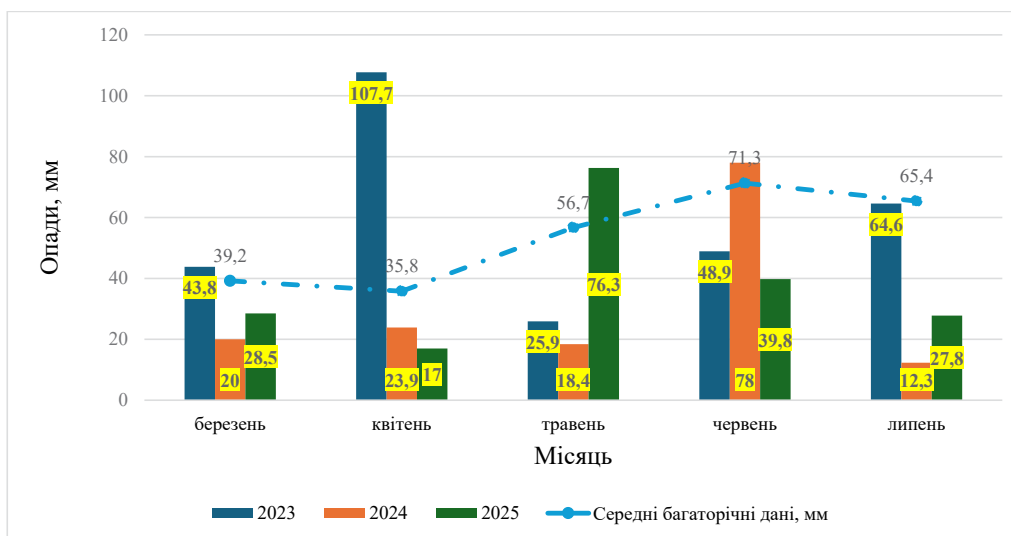


Рис. 2. Розподіл опадів у березні–липні 2023–2025 рр. відносно багаторічних даних

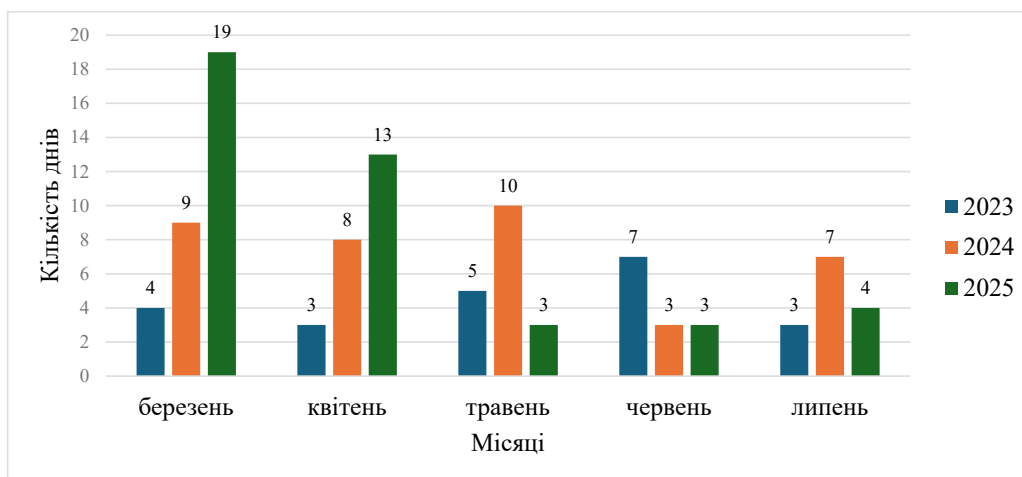


Рис. 3. Максимальна тривалість бездощових періодів за місяцями у 2022–2025 рр.

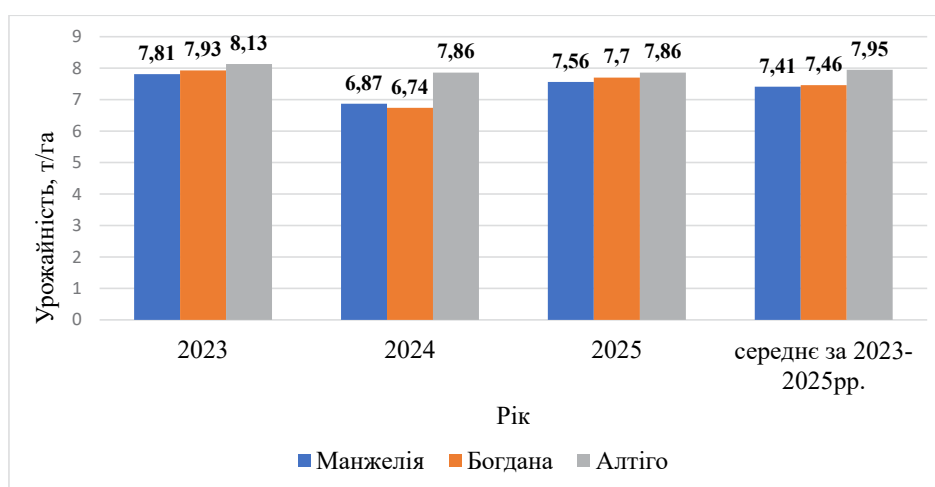


Рис. 4. Урожайність сортів пшениці м'якої озимої (2023–2025 рр.)

Джерело: побудовано за результатами власних досліджень

У 2024 р. найбільш тривалим був травневий період посухи – 10 днів. У 2025 р. зафіксовано найдовші серії: 19 днів у березні та 13 днів у квітні. Загалом триваліші бездощові періоди спостерігалися у весняні місяці (березень–квітень), ніж у літні.

Погодні умови посушливих 2024 та 2025 років мали негативний вплив на урожайність пшениці озимої. Водночас саме такі умови є цінними для досліджень, адже дають можливість оцінити реакцію сортів на стресові фактори та, головне, визначити ефективність бактеріальних біопрепаратів і їхній вплив на продуктивність культури.

За роками досліджень урожайність усіх сортів мала подібну динаміку: найвищі значення спостерігали у 2023 р. (7,81–8,13 т/га), мінімальні – у 2024 р. (6,74–7,86 т/га) у зв'язку із погодними умовами. У 2025 р. урожайність склала (7,56–7,86 т/га). Незважаючи на те, що середнє за три роки значення було найбільшим у сорту Алтіго (7,95 т/га), а Манжелія та Богдана мали дещо нижчі показники (7,41–7,46 т/га), за результатами дисперсійного аналізу фактор «сорт» не виявив достовірного впливу на урожайність ( $p=0,101$ ). Це свідчить

про відсутність статистично значущих відмінностей між сортами в середньому по досліді (рис. 4).

За результатами дисперсійного аналізу встановлено, що істотний вплив на урожайність мали варіанти застосування біопрепаратів у період вегетації ( $p<0,001$ ) та роки досліджень ( $p=0,041$ ). Встановлено істотні взаємодії між сортом і варіантом обробки ( $p=0,010$ ), сортом і роком ( $p<0,001$ ), а також між варіантами обробки та роками ( $p=0,003$ ). Трифакторна взаємодія (сорт  $\times$  варіант  $\times$  рік) була статистично незначущою ( $p=1,000$ ).

Дисперсійний аналіз показав, що найбільшу частку впливу на варіацію урожайності становили погодні умови року (40,4 %) та варіанти застосування біопрепаратів у період вегетації (17,7 %). Сортіві особливості зумовили 24,5 % варіації, проте їхній вплив окремо не був статистично достовірним і проявлявся головним чином у взаємодії з роками (11,4 %). Внесок інших взаємодій був незначним (0,03–0,08 %), а похибка досліді склала 5,9 % (рис. 5).

Тому, застосування біопрепаратів у період вегетації суттєво вплинуло на підвищення урожайності пшениці озимої. Найменший приріст відносно контролю

Таблиця 1

Формування урожайності пшениці м'якої озимої залежно від застосування біопрепаратів (2023–2025 рр.), т/га

| Сорт (фактор А)   | Варіант обробки (фактор Б) | Урожайність, т/га (фактор В) |         |         |                          |
|---|----------------------------|------------------------------|---------|---------|--------------------------|
|   |                            | 2023 р.                      | 2024 р. | 2025 р. | середнє за 2023-2025 рр. |
| Манжелія  | 1*                         | 7,46                         | 6,57    | 7,19    | 7,07                     |
|   | 2*                         | 7,77                         | 6,82    | 7,53    | 7,37                     |
|   | 3*                         | 7,75                         | 6,80    | 7,50    | 7,35                     |
|   | 4*                         | 7,99                         | 7,05    | 7,74    | 7,59                     |
|   | 5*                         | 8,10                         | 7,10    | 7,84    | 7,68                     |
| Богдана   | 1*                         | 7,49                         | 6,45    | 7,35    | 7,10                     |
|   | 2*                         | 7,84                         | 6,70    | 7,66    | 7,40                     |
|   | 3*                         | 7,80                         | 6,67    | 7,65    | 7,37                     |
|   | 4*                         | 8,06                         | 6,90    | 7,87    | 7,61                     |
|   | 5*                         | 8,44                         | 6,96    | 7,98    | 7,79                     |
| Алтіго  | 1*                         | 7,73                         | 7,48    | 7,36    | 7,52                     |
|   | 2*                         | 8,10                         | 7,82    | 7,89    | 7,94                     |
|   | 3*                         | 8,06                         | 7,79    | 7,86    | 7,90                     |
|   | 4*                         | 8,34                         | 8,05    | 8,11    | 8,17                     |
|   | 5*                         | 8,44                         | 8,15    | 8,21    | 8,27                     |
| НІР <sub>0,05</sub>   |                            | 0,21                         | 0,21    | 0,21    | 0,12                     |
| НІР <sub>0,05</sub> (фактор А) = 0,6 т/га; НІР <sub>0,05</sub> (фактор Б) = 0,38 т/га; НІР <sub>0,05</sub> (фактор В) = 0,59 т/га; НІР <sub>0,05</sub> (фактори АБ) = 0,03 т/га; НІР <sub>0,05</sub> (фактори БВ) = 0,13 т/га; НІР <sub>0,05</sub> (фактори АВ) = 0,02 т/га; НІР <sub>0,05</sub> (фактор АБВ) = 0,21т/га. |                            |                              |         |         |                          |

Примітка: 1\* – контроль, 2\* – Препарат 1, 3\* – Препарат 2, 4\* – Препарат 3, 5\* – Препарат 4.

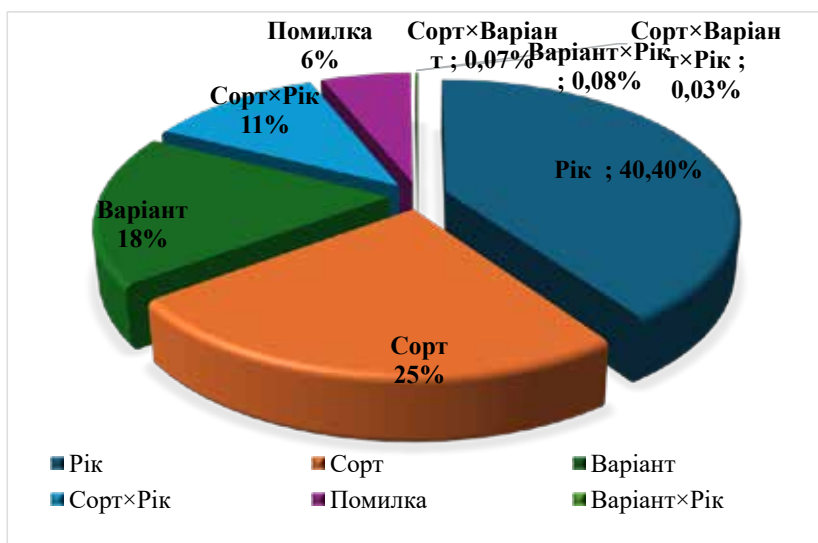


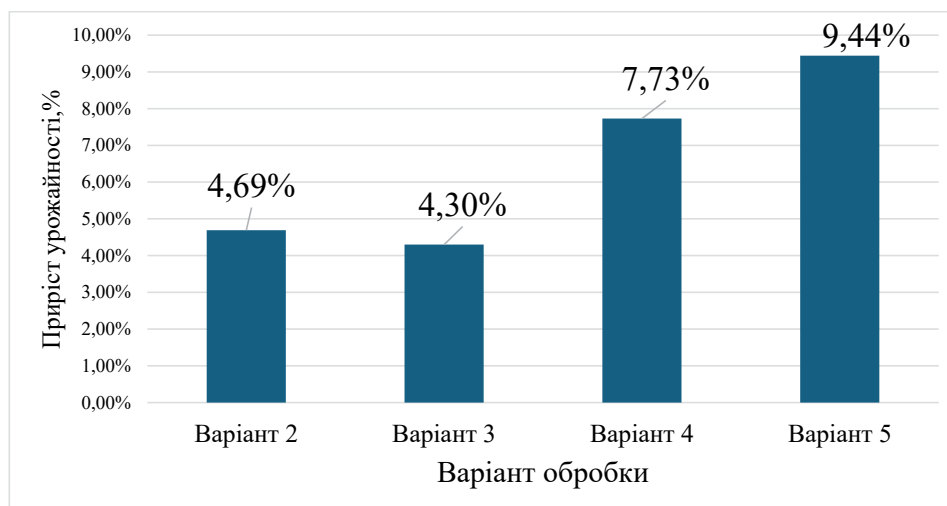
Рис. 5. Частка впливу факторів і їх взаємодій на варіацію урожайності пшениці озимої, %

Джерело: побудовано за результатами власних досліджень

відмічено за використання моно-препарату на основі *Azotobacter chroococcum* (+4,69 %) та препарату на основі консорціум кількох азотфіксувальних і асоціативних бактерій (+4,3 %), що зумовлено покращенням азотного живлення за рахунок діяльності азотфіксуючих бактерій. Внесення ґрунтових споруотворюючих бактерій (*Bacillus megaterium*, *Bacillus amyloliquefaciens*) дало приріст 7,73 %, що свідчить про ефективність фосфат-мобілізуючих мікроорганізмів у підвищенні доступності фосфору. Найвищу ефективність показав комплексний

препарат, який поєднує азотфіксуючі та фосфатмобілізуючі бактерії, забезпечивши приріст урожайності на 9,44 % (0,5–0,7 т/га) (рис. 6).

**Висновки.** Таким чином, урожайність пшениці озимої у роки досліджень значною мірою визначалася погодними умовами, що підтверджується зниженням продуктивності у посушливому 2024 р. Застосування бактеріальних біопрепаратів у період вегетації достовірно підвищувало урожайність культури. Моно-препарати на основі *Azotobacter chroococcum* та консорціуму азотфіксувальних



**Рис. 6. Приріст урожайності пшениці м'якої озимої у варіантах із застосуванням біопрепаратів (2023–2025 рр.)**

Джерело: побудовано за результатами власних досліджень

і асоціативних бактерій забезпечили приріст на 4,3–4,7 %, препарати з ґрунтовими спороутворюючими бактеріями (*Vacillus megaterium*, *Vacillus amyloliquefaciens*) – на 7,7 %. Найбільший ефект отримано від комплексного біопрепарату, який поєднував азотфіксуючі та фосфат-мобілізуючі бактерії й забезпечив приріст урожайності на 9,4 % (0,5–0,7 т/га), що свідчить про доцільність його використання в технології вирощування пшениці озимої в умовах недостатнього зволоження.

Перспективою подальших досліджень є вивчення впливу біостимуляторів на основі ризобактерій на формування якості зерна пшениці м'якої озимої.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Давтян А. С., Зінченко О. Ю., Єлинська Н. О. Вплив представників роду *Azotobacter* на якість зерна та урожайність ячменю та пшениці. Центр наукових публікацій. 2018. С. 5-9 URL: <https://dspace.onu.edu.ua/items/75e5aed9-9015-4e0f-8eea-2b4b94ea952a>
2. Гордина О. Ю. Особливості розвитку рослин пшениці озимої в осінньо-зимовий період вегетації залежно від передпосівної обробки насіння. *Новітні агротехнології*. 2021. (9). С. DOI: [doi.org/10.47414/na.9.2021.257353](https://doi.org/10.47414/na.9.2021.257353)
3. Каленська С. М., Гордина О. Ю. Закономірності розвитку пшениці озимої у весняно-літній період вегетації залежно від передпосівної обробки насіння. *Новітні агротехнології*. 2022. 10 (3). С. DOI: [doi.org/10.47414/na.10.3.2022.270488](https://doi.org/10.47414/na.10.3.2022.270488)
4. Власюк О. Вплив екологічно безпечних препаратів на урожайність та ураження хворобами пшениці озимої в умовах Правобережного Лісостепу. *Вісник аграрної науки*. 2023. Т. 101, № 4. С. 30–37. DOI: [doi.org/10.31073/agrovisnyk202304-04](https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202304-04)
5. Заєць С. О. та ін. Вплив різних систем біологічного захисту рослин на врожайність та якість зерна пшениці озимої в органічному землеробстві. *Аграрні інновації*. 2024. № 23. С. 75–82. URL: [doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.23.11](https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.23.11)
6. Кордулян Р., Кордулян Ю., Солломійчук М. Вплив бактерій роду *Azotobacter chroococcum* на ріст і розвиток сільськогосподарських культур у західноукраїнській лісостеповій провінції. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2020. № (67)-2. С. 124–138. DOI: [doi.org/10.32636/01308521.2020-\(67\)-2-8](https://doi.org/10.32636/01308521.2020-(67)-2-8)
7. Поспелова Г. Д. та ін. Ефективність застосування біопрепаратів на пшениці озимій. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. Т. 27, № 4. С. 37–42. DOI: [doi.org/10.31210/spi2024.27.04.07](https://doi.org/10.31210/spi2024.27.04.07)
8. A. Shuvar Application of biological preparations in organic technology of winter wheat growing. *Foothill and mountain agriculture and stockbreeding*. 2020. № (67)-1. P. 143–155. URL: [https://doi.org/10.32636/01308521.2020-\(67\)-1-10](https://doi.org/10.32636/01308521.2020-(67)-1-10)
9. Górski R., Przewodowski W., Płaza A. Preliminary determination of the possibility of reducing nitrogen fertilization under the influence of bacterial formulations in the cultivation of triticum aestivum L. *Folia pomeranae universitatis technologiae stetinsensis agricultura, alimentaria, piscaria et zootechnica*. 2024. Т. 371, № 70. P. 21–35. DOI: [doi.org/10.21005/aapz2024.70.2.3](https://doi.org/10.21005/aapz2024.70.2.3)
10. Öksel C. Investigation of the effect of pgpr on yield and some yield components in winter wheat. *Turkish Journal Of Field Crops*. 2022. 27 (1). P. 127–133. DOI: [doi.org/10.17557/tjfc.1019160](https://doi.org/10.17557/tjfc.1019160)
11. Milošević N., Tintor B., Protić R., Cvijanović G., Dimitrijević T. Effect of inoculation with *Azotobacter chroococcum* on wheat yield and seed quality. *International Conference: Conventional and molecular breeding of field and vegetable crops\**, Novi Sad, Serbia. 2012. 17 (3). P. 7352–7357.
12. Baker N. R. et al. Nutrient and moisture limitations reveal keystone metabolites linking rhizosphere metabolomes and microbiomes. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2024. Vol. 121, No. 32. DOI: [doi.org/10.1073/pnas.2303439121](https://doi.org/10.1073/pnas.2303439121)
13. Radzikowska-Kujawska D. Response of Winter Wheat (*Triticum aestivum* L.) to Selected Biostimulants under

- Drought Conditions. *Agriculture*. 2022. T. 13, № 1. P. 1-14. DOI:doi.org/10.3390/agriculture13010121
14. Wang Z. Screening of phosphate-solubilizing bacteria and their abilities of phosphorus solubilization and wheat growth promotion. *BMC Microbiology*. 2022. T. 22, № 1. DOI:doi.org/10.1186/s12866-022-02715-7
  15. Solomon W., Janda T., Molnár Z. Unveiling the significance of rhizosphere: Implications for plant growth, stress response, and sustainable agriculture. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2023. P. 108290. DOI:doi.org/10.1016/j.plaphy.2023.108290

## REFERENCES:

1. Davtyan A.S., Zinchenko O.Yu., Yelynska N.O. (2018). Vplyv predstavnykh rodu *Azotobacter* na yakist' zerna ta urozhaynist' yachmenyu ta pshenytsi. [Influence of representatives of the genus *Azotobacter* on grain quality and productivity of barley and wheat]. *Tsentr naukovykh publikatsiy – Center for scientific publications*, 5-9 URL:https://dspace.onu.edu.ua/items/75e5aed9-9015-4e0f-8eea-2b4b94ea952a [in Ukrainian]
2. Hordyna O. Yu. (2021). Osoblyvosti rozvytku roslyn pshenytsi ozymoi v osinno-zymovyi period vechetatsii zalezno vid peredposivnoi obrobky nasinnia. [Peculiarities of development of winter wheat plants in autumn-winter vegetation period depending on pre-sowing seed treatment]. *Novitni ahrotekh-nolohii – The latest agricultural technologies*. 9. https://doi.org/10.47414/na.9.2021.257353 [in Ukrainian]
3. Kalenska S. M., Gordyna O. Yu. (2022). Zakonomirnosti rozvytku pshenytsi ozymoi u vesnyano-litnyi period vechetatsiyi zalezno vid peredposivnoyi obrobky nasinnia. [Patterns of winter wheat development in the spring-summer vegetation period depending on pre-sowing seed treatment]. *Novitni ahrotekh-nolohiyi – The latest agricultural*. 3. DOI:doi.org/10.47414/na.10.3.2022.270488 [in Ukrainian]
4. Vlasyuk O. (2023). Vplyv ekolohichno bezpechnykh preparativ na urozhaynist' ta urazhen-nya khvorobamy pshenytsi ozymoi v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu. [The influence of ecologically safe preparations on the productivity and disease damage of winter wheat in the conditions of the Right Bank Forest Steppe]. *Visnyk ahraryi nauky – Bulletin of Agrarian Science*. T 101, 4. 30–37 DOI:doi.org/10.31073/agrovisnyk202304-04 [in Ukrainian]
5. Zayets S. O. (2024). Vplyv riznykh system biolohichnoho zakhystu roslyn na vrozhaynist' ta yakist' zerna pshenytsi ozymoi v orhanichnomu zemlerobstvi. [The influence of different systems of biological protection of plants on the yield and quality of winter wheat grain in organic farming]. *Ahrarni innovatsiyi – Agrarian innovations*. 23. 75–82. URL:doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.23.11[in Ukrainian]
6. Kordulyan R., Kordulyan Yu., Sollomiichuk M. (2020). Vplyv bakteriy rodu *Azotobacter chroococcum* na rist i rozvytok sil's'kohospodars'kykh kul'tur u zakhidnoukrayins'kiy lisostepoviy provintsiyi. [The effect of bacteria of the genus *Azotobacter chroococcum* on the growth and development of agricultural crops in the Western Ukrainian forest-steppe province]. *Peredhirne ta hirs'ke zemlerobstvo i tvarynnytstvo. Peredhirne ta hirs'ke zemlerobstvo i tvarynnytstvo – Foothill and mountain agriculture and animal husbandry*. (67) 2. 124–138. DOI:doi.org/10.32636/01308521.2020-(67)-2-8 [in Ukrainian]
7. Pospelova G. D. (2025). Efektyvnist' zastosuvannya biopreparativ na pshenytsi ozymiy. [Effectiveness of biological preparations on winter wheat]. *Scientific Progress & Innovations*. 27(4). 37–42. DOI:doi.org/10.31210/spi2024.27.04.07 [in Ukrainian]
8. Shuvar A. (2020) Application of biological preparations in organic technology of winter wheat growing. *Foothill and mountain agriculture and stock-breeding*. (67)-1. 143–155. URL: https://doi.org/10.32636/01308521.2020-(67)-1-10
9. Górski R., Przewodowski W., Płaza A. (2024). Preliminary determination of the possibility of reducing nitrogen fertilization under the influence of bacterial formulations in the cultivation of *triticum aestivum* l. *Folia pomeranae universitatis technologiae stetinsensis agricultura, alimentaria, piscaria et zootechnica*. 371, (70) 21–35. DOI: doi.org/10.21005/aapz2024.70.2.3
10. Öksel C. (2022). Investigation of the effect of pgpr on yield and some yield components in winter wheat *Turkish Journal Of Field Crops*. 27 (1). 127–133. DOI:doi.org/10.17557/tjfc.1019160
11. Milošević N., Tintor B., Protić R., Cvijanović G., Dimitrijević T. (2012). Effect of inoculation with *Azotobacter chroococcum* on wheat yield and seed quality. *International Conference: Conventional and molecular breeding of field and vegetable crops\**, Novi Sad, Serbia. 17 (3). 7352–7357
12. Baker N. R. et al. (2024). Nutrient and moisture limitations reveal keystone metabolites linking rhizosphere metabolomes and microbiomes. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 121(32). DOI:doi.org/10.1073/pnas.2303439121
13. Radzikowska-Kujawska D. (2022). Response of Winter Wheat (*Triticum aestivum* L.) to Selected Biostimulants under Drought Conditions/. *Agriculture*. 13. (1). 1-14. DOI:doi.org/10.3390/agriculture13010121
14. Wang Z. (2022). Screening of phosphate-solubilizing bacteria and their abilities of phosphorus solubilization and wheat growth promotion. *BMC Microbiology*. 22 (1). DOI:doi.org/10.1186/s12866-022-02715-7
15. Solomon W., Janda T., Molnár Z. (2023). Unveiling the significance of rhizosphere: Implications for plant growth, stress response, and sustainable agriculture. *Plant Physiology and Biochemistry*. 108290. DOI:doi.org/10.1016/j.plaphy.2023.108290

**Палазюк Б.О., Юрченко С.О. Формування урожайності пшениці м'якої озимої залежно від сортових властивостей та впливу біостимуляторів на основі ризобактерій**

**Мета.** Метою наших досліджень було встановлення закономірностей формування урожайності пшениці м'якої озимої залежно від сортових властивостей та впливу біостимуляторів на основі ризобактерій.

**Методи.** Польовий метод досліджень передбачав визначення впливу застосування біостимуляторів на основі ризобактерій на формування урожайності зерна сортів пшениці м'якої озимої. Об'єктом дослідження були сорти пшениці м'якої озимої Манжелія, Богдана, Алтіго. Погодні умови 2023–2024 років дали можливість оцінити реакцію сортів на стресові фактори та,

визначити ефективність бактеріальних біопрепаратів і їхній вплив на продуктивність культури. У досліді було передбачено п'ять варіантів застосування біопрепаратів. Урожайність визначали методом суцільного обліку. Використовуючи, дисперсійний аналіз було встановлено найменшу істотну різницю та частки впливу досліджуваних факторів на урожайність зерна пшениці м'якої озимої.

**Результати досліджень.** За результатами польового досліді, найменший приріст порівняно з контролем було зафіксовано при використанні одномісного препарату на основі *Azotobacter chroococcum* (+4,69%) та при застосуванні консорцію азотфіксувальних та асоціативних бактерій (+4,3%), що пов'язано з поліпшенням азотного живлення завдяки діяльності азотфіксуючих мікроорганізмів. Внесення ґрунтових споруутворюючих бактерій (*Bacillus megaterium*, *Bacillus amyloliquefaciens*) дало приріст урожайності на 7,73%, що свідчить про ефективність фосфатмобілізуючих мікроорганізмів у підвищенні доступності фосфору. Найвищу ефективність продемонстрував комплексний препарат, який об'єднує азотфіксуючі та фосфатмобілізуючі бактерії, забезпечивши приріст урожайності до 9,44% (0,5–0,7 т/га).

Дисперсійний аналіз засвідчив, що найвагомий вплив на зміну врожайності мали кліматичні умови конкретного року (40,4%) та використання біопрепаратів під час вегетаційного періоду (17,7%). Частка сортових відмінностей становила 24,5%, однак їхня дія окремо не була статистично підтвердженою й проявлялася переважно через взаємодію з роками (11,4%). Участь інших взаємодій була мінімальною (0,03–0,08%), тоді як похибка експерименту досягала 5,9%.

**Висновки.** Встановлено, що застосування біостимуляторів на основі ризобактерій у фазі весняної вегетації (ВВСН 22 – два бокові пагони) сприяє підвищенню урожайності пшениці, м'якої озимої.

**Ключові слова:** пшениця м'яка, озима, сорт, урожайність, ризобактерії, урожайність.

**Palazyuk B.O., Yurchenko S.O. Formation of yield of soft winter wheat depending on varietal properties and the influence of biostimulants based on rhizobacteria**

**Objective.** The aim of our research was to establish patterns of yield formation of soft winter wheat depending on varietal properties and the influence of rhizobacteria-based biostimulants.

**Methods.** The field method of research involved determining the influence of the use of bio-stimulants based on

rhizobacteria on the formation of grain yield of soft winter wheat varieties. Common winter wheat varieties *Manzhelia*, *Bogdana*, *Altigo* were the object of the study. The weather conditions of 2023–2024 made it possible to assess the reaction of varieties to stress factors and to determine the effectiveness of bacterial biological preparations and their impact on crop productivity. Five options for the use of biologics were envisaged in the experiment. Yield was determined by the method of continuous accounting. Using the analysis of variance, the smallest significant difference and the proportion of influence of the studied factors on the grain yield of soft winter wheat were established.

**Results.** According to the results of the field experiment, the smallest increase compared to the control was recorded when using a single-seater drug based on *Azotobacter chroococcum* (+4.69%) and when using a consortium of nitrogen-fixing and associative bacteria (+4.3%), which is associated with an improvement in nitrogen nutrition due to the activity of nitrogen-fixing microorganisms. The introduction of soil spore-forming bacteria (*Bacillus megaterium*, *Bacillus amyloliquefaciens*) gave a yield increase of 7.73%, which indicates the effectiveness of phosphate mobilizing microorganisms in increasing the availability of phosphorus. The highest efficacy was demonstrated by a complex preparation that integrates nitrogen-fixing and phosphate-mobilizing bacteria, providing yield gains of up to 9.44% (0.5–0.7 t/ha).

Analysis of variance showed that the climatic conditions of a specific year (40.4%) and the use of biological preparations during the growing season (17.7%) had the most significant impact on yield change. The proportion of varietal differences was 24.5%, however, their action alone was not statistically confirmed and manifested mainly through interaction over the years (11.4%). The participation of other interactions was minimal (0.03–0.08%), while the error of the experiment reached 5.9%.

**Conclusions.** The use of rhizobacteria-based biostimulants in the spring growing phase (BBCH 22 – two lateral shoots) has been found to increase the yield of wheat, soft winter.

**Key words:** soft wheat, winter, variety, yield, rhizobacteria, yield.

Дата першого надходження рукопису до видання: 23.09.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 27.10.2025

Дата публікації: 28.11.2025