

Урожайність пшениці м'якої ярої залежно від норм висіву та застосування біологічних препаратів

Б. С. Мільяр, Б. В. Близнюк*

Миронівський інститут пшениці імені В. М. Ремесла НААН, вул. Центральна, 68, с. Центральне, Обухівський р-н, Київська обл., 08853, Україна, *e-mail: kolomyets359@gmail.com

Мета. Визначити вплив елементів агротехнології (норм висіву та препаратів біологічного походження з фунгіцидною дією) на продуктивність сортів пшениці м'якої ярої в умовах Лісостепу України та оцінити роль основних дослідних факторів у варіації цього показника. **Методи.** Дослідження проводили в умовах Миронівського інституту пшениці імені В. М. Ремесла НААН у 2023–2025 рр. за багатофакторною схемою: норма висіву (4,0 і 5,5 млн нас./га), передпосівна обробка та позакореневе підживлення [контроль і варіанти з Планриз М (обприскування посівів у фазах ВВСН 32 та ВВСН 55 у нормі 2 л/га) + Кормін Імпульс (передпосівна обробка насіння в нормі 1 л/т), Триходермін М (обприскування посівів у фазах ВВСН 32 та ВВСН 55 у нормі 1 л/га) + Кормін Імпульс (передпосівна обробка насіння в нормі 1 л/т), Кормін Імпульс (обприскування посівів у фазі ВВСН 32 в нормі 1 л/га)]. Дослід закладали в чотириразовій повторності, методом рендомізованих розщеплених блоків. Рівень достовірності в ньому та вплив чинників визначали за допомогою дисперсійного аналізу, розраховуючи F, p, частки впливу та НІР_{0,05}. Матеріалом для досліджень слугували п'ять сортів пшениці м'якої ярої миронівської селекції: 'Елегія миронівська' (стандарт), 'МІП Олександра', 'Дубравка', 'Оksamит миронівський' і 'МІП Веснянка'. **Результати.** Найбільше на варіацію рівня врожайності вплинули елементи технології: біопрепарат (55,7%), норма висіву (8,1%) та сорт (6,8%). Стабільно вищу продуктивність фіксували за норми 4,0 млн нас./га, як порівняти з 5,5 млн нас./га ($F = 523,4$; $p < 0,001$), особливо в посушливому 2025 році (ГТК = 0,75), коли різниця переважала НІР_{0,05}. Частка впливу чинника «біопрепарат» на загальну варіацію врожайності становила 55–64%; максимальні середні значення отримано внаслідок використання комбінації Планриз М + Кормін Імпульс за обох норм висіву. Значний рівень продуктивності формували сорти 'Оksamит миронівський' і 'Дубравка'. У підбірці 4,0 млн нас./га відзначено сильнішу взаємодію фактору «рік × біопрепарат», що вказує на чутливість до контрастних погодних умов, а за 5,5 млн нас./га – посилення взаємодії «біопрепарат × сорт», з огляду на важливість добору пари «сорт × препарат» на густіших посівах. **Висновки.** В умовах Лісостепу України оптимальною є норма висіву 4,0 млн нас./га, за якої більшість сортів демонстрували максимальний рівень урожайності. Дієвий технологічний чинник формування продуктивності для екологізованої технології вирощування пшениці ярої – це впровадження комплексу препаратів біологічного походження з фунгіцидною дією (Планриз М або Триходермін М) у поєднанні з позакореневим підживленням органо-мінеральним добривом Кормін Імпульс.

Ключові слова: *Triticum aestivum* L.; норма висіву; біопрепарат; Планриз М; Триходермін М; Кормін Імпульс; урожайність; екологізація; стійкість агроєкосистем.

Вступ

Пшениця м'яка (*Triticum aestivum* L.) – одна з провідних культур зернового клину України, яка є важливою для продовольчої безпеки держави. Пшениця м'яка яра поступається озимій за часткою у структурі зернових, утім все одно лишається важливою як гнучкий резерв для коригування посівних площ, стабілізації виробництва зерна в роки складної перезимівлі озимини та мінімізації ризиків її пересіву. Тому доцільним є перегляд страхової ролі цієї культури для вітчиз-

няного зернового балансу й надання їй статусу стратегічної. Це сприятиме посиленню продовольчої безпеки та диверсифікації джерел якісного зерна [1].

Сучасні сорти пшениці м'якої ярої мають високий біологічний потенціал продуктивності та значну екологічну адаптивність, що дає змогу впроваджувати їх у більшості ґрунтово-кліматичних зон України. Розширення площ під такими культурами створить передумови для формування стійкого внутрішнього ринку якісного продовольчого зерна та сприятиме імпортозаміщенню, зменшуючи залежність країни від зовнішніх постач [2]. В умовах глобальних кліматичних змін, здорожчання ресурсів і через вимоги до екологічної сталості агровиробництва особливого значення набуває пошук технологій, що по-

Bohdan Miliar

<https://orcid.org/0009-0000-5582-5673>

Bohdana Blyzniuk

<https://orcid.org/0000-0001-7462-886X>



© The Author(s) 2025. Published by Ukrainian Institute for Plant Variety Examination. This is an open access article distributed under the terms of the license CC BY-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

еднують високу продуктивність із мінімальним антропогенним впливом на довкілля [3].

Згідно з аналітичними оглядами FAO [4] та Європейської комісії [5, 6], надмірне застосування хімічних засобів захисту рослин призводить до деградації ґрунтів, втрати біорізноманіття й забруднення агроєкосистем. Тому стратегічним пріоритетом сучасного землеробства є біологізація технологій – упровадження мікробіологічних препаратів, регуляторів росту та біофунгіцидів, здатних підвищувати продуктивність культур без додаткового пестицидного навантаження.

Міжнародні дослідження доводять високу ефективність мікроорганізмів родів *Trichoderma* та *Pseudomonas* як біоконтрольних агентів. Їхнє застосування сприяє формуванню системної стійкості, активації кореневої системи та поліпшенню засвоєння елементів живлення [7–9]. Так, завдяки обробці насіння *Trichoderma atroviride* зменшується ураження кореневими гнилями та збільшується врожайність пшениці [8]. Водночас *Pseudomonas fluorescens* захищає від *Rhizoctonia cerealis* і стимулює ріст рослин [9].

Ефективність біологічного захисту істотно залежить від параметрів агротехніки, насамперед густоти посіву, що визначає площу живлення, рівень конкуренції та використання вологи [10]. Взаємодія таких чинників, як біофунгіциди, сортові особливості та норма висіву, може змінювати структуру врожаю й підвищувати його стабільність за контрастних погодних умов Лісостепу [11, 12].

У контексті вищесказаного актуальним є дослідження біологічних елементів технології вирощування пшениці м'якої ярої (комплексу препаратів біологічного походження з фунгіцидною дією та норми висіву) з огляду на сортові особливості та кліматичні ризики зони. Такі підходи повністю узгоджуються з цілями Європейського зеленого курсу та стратегії «Farm to Fork», спрямованими на скорочення обсягів використання пестицидів і забезпечення сталого агровиробництва [13].

Кліматичні фактори є одними з основних під час вирощування сільськогосподарських культур, оскільки безпосередньо впливають на всі процеси в екосистемі [14, 15]. У сучасному сільському господарстві потенціал агрометеорологічних ресурсів використовується лише на 40–60% залежно від розвитку землеробства, що зумовлює необхідність удосконалення адаптивних агротехнологій [16].

У 2020–2025 рр. інтерес до біологізації технологій вирощування зернових стабільно зростає. Це відображено у політико-регуляторних документах і фахових публікаціях.

Європейська стратегія «Farm to Fork» задає вектор на скорочення обсягів використання пестицидів і моніторинг прогресу державчленів. У глобальному вимірі FAO акцентує на переході до практик, що зменшують зовнішні екологічні та соціальні витрати агровиробництва [17].

За результатами систематичних оглядів і польових досліджень встановлено, що норма висіву – це один з основних інструментів контролю продуктивності пшениці: оптимум залежить від потенціалу кушення й ресурсного забезпечення агроєкосистеми, тоді як перевищення оптимальної густоти призводить до посилення внутрішньовидової конкуренції та втрат ефективності [18]. Додатково показано, що синхронізація строків сівби та густоти стояння рослин стимулює фотосинтетичну активність і накопичення сухої речовини, забезпечуючи збільшення рівня врожайності та відповідність показників якості для сильноглютенових типів пшениці [19].

Низка робіт із біологічного захисту підтверджує доцільність включення мікробних агентів до системи вирощування пшениці. Насіння, оброблене *Trichoderma atroviride*, змінює структуру грибної спільноти ризосфери, зменшуючи частку патогенів і сприяючи продуктивності посівів. *Trichoderma* також розглядають як чинник «успадкованого праймінгу» проти комплексу некротрофних збудників хвороб, зокрема й *Bipolaris sorokiniana*. Це узгоджується із сучасною стратегією сталого захисту. Для бактеріальних біоконтролерів доведено антагоністичну дію *Pseudomonas fluorescens* проти *Rhizoctonia cerealis* (збудник стрічкової гнилі стебла у пшениці) з позитивним впливом на ріст рослин. Узагальнювальні огляди підкреслюють, що мікробні інокулянти та інші екологічно орієнтовані практики є релевантним компонентом інтегрованих технологій підвищення й стабілізації врожайності культури.

Дані експериментальних досліджень доводять істотний вплив елементів технології (живлення, обробки, норми висіву) на структуру врожаю та показники якості зерна пшениці ярої [20]. Викладені у відповідних рекомендаціях узагальнені науково-методичні підходи деталізують вимоги до строків сівби та норм висіву, передпосівної підготовки й інтегрованого захисту. Це відповідає ідеології біологізації вітчизняного зерновиробництва, узгодженій із сучасними методами біологізації технологій вирощування зернових культур [21]. Водночас результати регіональних спостережень свідчать про стійкий фітопатологічний тиск збудників септоріозу на посіви ярої пше-

ниці, що зумовлює необхідність впровадження безпечних механізмів контролю [22].

Отже, можна зробити такі практичні висновки: оптимізація норми висіву та строків сівби є головною умовою реалізації сортового потенціалу [23]; інтеграція біофунгіцидів на основі *Trichoderma* та *Pseudomonas* до технології здатна знижувати патогенний тиск і підтримувати продуктивність; імплементація цих рішень у конкретних умовах Лісостепу, з огляду на локальний фітосанітарний фон і кліматичну варіабельність, лишається необхідною для стабільної врожайності й екологічної безпеки [24].

Мета дослідження – визначити вплив норм висіву та біологічних препаратів на формування врожайності пшениці м'якої ярої в умовах Лісостепу України та встановити параметри їхнього застосування для підвищення ефективності й екологічності зерновиборництва.

Матеріали та методика досліджень

Дослідження проводили впродовж 2023–2025 рр. на базі Миронівського інституту пшениці імені В. М. Ремесла НААН України (МІП), розташованому в південно-східній частині Київської області на водорозділі річок Рось і Росава. Ґрунтовий покрив – чорноземи слабко-, середньо- та сильновилугувані з потужністю гумусового горизонту 38–40 см. Карбонатний шар залягав на глибині 45–65 см, а ґрунтоутворювальною породою був лес легкосуглинкового складу. Водопроникність ґрунту низька (0,3–0,4 мм/хв), що зумовило поверхневий стік під час злив. Об'ємна маса орного шару становила 1,27–1,29 г/см³, реакція ґрунтового розчину слабкокисла (рН 5,3–6,4). Вміст гумусу – 3,6–4,5%, гідролізованого азоту – 55–64 мг/кг, рухомого фосфору – 190–271 мг/кг, обмінного калію – 112–180 мг/кг, що відповідало середній і підвищеній забезпеченості [25, 26].

Об'єктом дослідження слугували п'ять сортів пшениці м'якої ярої миронівської селекції: 'Елегія миронівська' (стандарт), 'МІП Олександра', 'Дубравка', 'Оксамит миронівський' і 'МІП Веснянка'.

Попередник – соя, агротехніка – загальноприйнята для Лісостепу. Сівбу здійснювали сівалкою СН-10ц з нормами висіву 4,0 та 5,5 млн нас./га. Дослід закладали в чотириразовій повторності, методом рендомізованих блоків; площа облікової ділянки становила 10 м².

З метою визначення ефективності використання фунгіцидів біологічного походження й органо-мінерального добрива, встановлення впливу норм висіву в різні роки вирощування

(2023–2025) та для оцінювання сортів пшениці м'якої ярої за елементами продуктивності було проведено багатофакторний дослід.

Фактори досліду:

– А – сорт ['Елегія миронівська' (стандарт), 'МІП Олександра', 'Дубравка', 'Оксамит миронівський' та 'МІП Веснянка'];

– В – норма висіву (4,0; 5,5 млн схожих насінин/га);

– С – препарат [контроль і варіанти з Планриз М (обприскування посівів у фазах ВВСН 32 та ВВСН 55 у нормі 2 л/га) + Кормін Імпульс (передпосівна обробка насіння в нормі 1 л/т), Триходермін М (обприскування посівів у фазах ВВСН 32 та ВВСН 55 у нормі 1 л/га) + Кормін Імпульс (передпосівна обробка насіння в нормі 1 л/т), Кормін Імпульс (обприскування посівів у фазі ВВСН 32 в нормі 1 л/га)] (табл. 1);

– D – рік дослідження (2023, 2024, 2025).

Польові експерименти виконували відповідно до Методики проведення експертизи сортів рослин групи зернових, круп'яних та зернобобових на придатність до поширення в Україні [27]. Облік урожаю здійснювали методом прямого комбайнування з перерахунком на стандартну вологість зерна (14%). Якісні показники насіння визначали за ДСТУ 4138-2002 та Методикою [28]. Фенологічні спостереження й морфологічні вимірювання проводили згідно з методичними рекомендаціями [29, 30].

Математичну обробку результатів здійснювали методами дисперсійного, регресійного та кореляційного аналізів відповідно до [31], використовуючи програму Statistica 12.0. Достовірність різниць між варіантами встановлювали за критерієм Фішера, а найменшу істотну різницю ($HP_{0,05}$) – послуговуючись методикою селекційного експерименту [32].

Для характеристики гідротермічного режиму обчислювали гідротермічний коефіцієнт (ГТК) як відношення суми опадів за період із середньодобовою температурою понад +10 °C до однієї десятої суми середньодобових температур цього періоду [33]. Умови зволоження та теплового забезпечення істотно різнилися між вегетаційними циклами, що зумовило варіабельність фактичного рівня врожайності за роками досліджень (рис. 1).

У 2023 р. спостерігали надмірне зволоження на початкових етапах вегетації пшениці м'якої ярої (ГТК = 3,47), посуху – під час колосіння (ГТК = 0,73), знову надлишок опадів – у період наливу зерна (ГТК = 1,97). Сумарний гідротермічний коефіцієнт за рік становив 1,34, що відповідає оптимальному рівню вологозабезпечення.

Характеристика біопрепаратів і добрива-біостимулятора, використаних у дослідженнях

Активний агент / склад	Титр активних агентів	Препаративна форма	Виробник
Триходермін М			
<i>Trichoderma viride (lignorum)</i> – живі спори та міцелій гриба-антагоніста; комплекс біологічно активних речовин і метаболітів	$\geq 2,5 \times 10^9$ КУО/мл	Культуральна рідина	ТОВ «БІО ЦЕНТР», Україна (сертифікований для органічного виробництва)
Планриз М			
<i>Pseudomonas fluorescens</i> штам AP-33; метаболіти бактерій (феназини, сидерофори, цитокініни тощо)	$\geq 4,0 \times 10^9$ КУО/см ³	Культуральна рідина	ТОВ «БІО ЦЕНТР», Україна (внесений до переліку засобів для органічного виробництва)
Кормін Імпульс			
Органо-мінеральний комплекс: MgO (4,05%), Cu (1,32%), SO ₃ (16,87%), Mn (1,23%), Fe (1,96%), Zn (1,97%), Mo (0,35%), Co (0,30%), B (1,75%), Na ₂ O (53,5%), Se (0,005%), SiO ₂ (1,10%); бурштинова кислота – 142 ррт; фітогормони та біостимулятор – 591 ррт; комплекс амінокислот і вітамінів.	–	Рідке органо-мінеральне добриво - біостимулятор	Лінійка «Кормін», компанія «Згода Лано», Україна

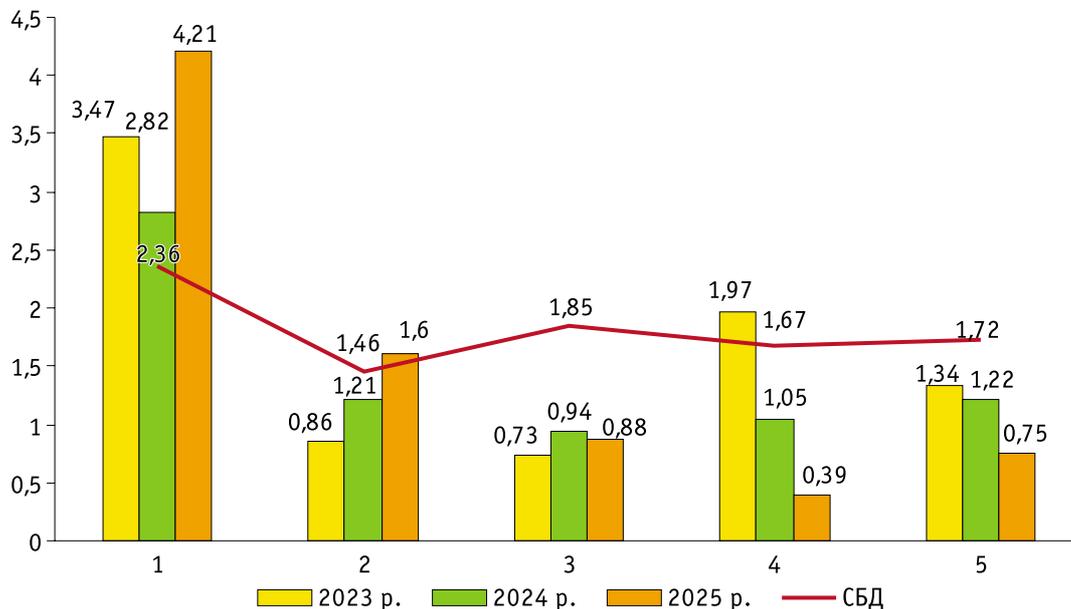


Рис. 1. Гідротермічний коефіцієнт (ГТК) за міжфазними періодами вегетації пшениці м'якої ярої (2023–2025 рр.)

Примітки. 1 – ВВСН 00–09; 2 – ВВСН 10–29; 3 – ВВСН 30–59; 4 – ВВСН 61–89; 5 – ВВСН 10–89. СБД – середні багаторічні дані.

У 2024 р. умови були рівномірнішими. На етапі сходів – виходу у трубку ГТК дорівнював 1,21, а за весь період вегетації – 1,22, що свідчить про оптимальний гідротермічний режим.

2025 рік характеризувався різкою контрастністю: весняне перезволоження (ГТК = 4,21) змінювалося літньою посухою (ГТК = 0,39). ГТК у середньому становив 0,75, що вказує на посушливі умови.

Критичним «вузьким місцем» виявилася фаза колосіння – повної стиглості: у 2023 р. – надмірне зволоження (ГТК = 1,97), у 2025-му – дуже сильна посуха (ГТК = 0,39). Ці фонові варіювання визначили різну вираженість реакції культури на технологічні фактори.

Загалом середньодобова температура впродовж вегетації змінювалася в межах 8,3–22,7 °С, а кількість опадів – 42,3–199,2 мм залежно від фази розвитку. Такі контрастні погодні умови забезпечили репрезентативність експерименту.

Результати досліджень

Узагальнений дисперсійний аналіз засвідчив, що найважливішу роль у варіації врожайності відіграє комбінація препаратів Триходермін М + Кормін Імпульс та Планриз М + Кормін Імпульс (біопрепарат): $F_{\text{факт.}} = 1202,5$; $p < 0,001$; частка впливу $\approx 55,7\%$. Достовірними також були норма висіву ($F = 523,4$; $p < 0,001$; 8,1%), сорт ($F = 109,4$; $p < 0,001$;

6,8%) і фактор року ($F = 93,3$; $p < 0,001$; 2,9 %). Значущі взаємодії рік \times норма, рік \times біопрепарат, норма \times біопрепарат, рік \times сорт та біопрепарат \times сорт вказують на взаємозалежність впливу чинників (табл. 2).

Таблиця 2

Структура факторного впливу на рівень урожайності за даними дисперсійного аналізу (2023–2025 рр.)

Фактор / взаємодія	$F_{\text{факт.}}$	p	Частка впливу, %	$F_{\text{крит.}}$	$НІР_{0,05}$
Рік	93,3	$< 0,001$	2,9	3,04	0,039
Норма висіву	523,4	$< 0,001$	8,1	3,88	0,032
Біопрепарат	1202,5	$< 0,001$	55,7	2,65	0,046
Сорт	109,4	$< 0,001$	6,8	2,42	0,051
Рік \times Норма висіву	12,3	0,000008	0,4	3,04	0,056
Рік \times Біопрепарат	6,9	0,000001	0,6	2,14	0,079
Норма висіву \times Біопрепарат	17,4	$< 0,001$	0,8	2,65	0,064
Рік \times Сорт	59,6	$< 0,001$	7,4	1,98	0,088
Норма висіву \times Сорт	4,8	0,000921	0,3	2,42	0,072
Біопрепарат \times Сорт	24,9	$< 0,001$	4,6	1,80	0,102
Рік \times Норма висіву \times Біопрепарат	11,0	$< 0,001$	1,0	2,14	0,111
Рік \times Норма висіву \times Сорт	7,3	$< 0,001$	0,9	1,98	0,125
Рік \times Біопрепарат \times Сорт	11,4	$< 0,001$	4,2	1,57	0,176
Норма висіву \times Біопрепарат \times Сорт	5,7	$< 0,001$	1,1	1,80	0,144
Рік \times Норма висіву \times Біопрепарат \times Сорт	4,1	$< 0,001$	1,5	1,57	0,249

Примітки. $НІР_{0,05}$ – найменша істотна різниця; обчислено за загальною середньоквадратичною похибкою ($MSE = 0,024$) за $df = 240$ (ступені свободи похибки). Значення p , подані як « $< 0,001$ », відповідають значенням, що були нижчими за межу машинного округлення.

Межі $НІР_{0,05}$ для головних ефектів становили 0,032–0,051 т/га, що дало змогу трактувати відмінності між середніми як статистично значущі за перевищенням цих порогів. Для порівняння конкретних повних комбінацій факторів застосовано $НІР_{0,05} = 0,249$ т/га (df похибки = 240).

Щоб забезпечити оптимальне поєднання густоти стояння та продуктивного кущення пшениці м'якої ярої у зоні Лісостепу, рекомендовано використовувати норму висіву в межах 4,0–5,0 млн нас./га [32, 34]. Однак можливе і її збільшення до 5,5–6,0 млн нас./га, особливо для сортів із менш інтенсивним кущенням, про що йдеться у дослідженнях [35–37].

Хоча літературні рекомендації переважно охоплюють стандартні межі, з огляду на високий потенціал продуктивності досліджуваних сортів, сприятливі агрокліматичні умови центральної частини Лісостепу, інтенсивні технології вирощування та необхідність визначити діапазон реагування рослин на ущільнення посіву, до схеми було включено норму 5,5 млн нас./га. Таке розширення спектра експериментальних варіантів дало змогу оцінити можливість додаткового приросту рівня врожайності.

Ефект року виявився статистично значущим (табл. 2), але його вплив на дисперсію врожайності був суттєво меншим, ніж у технологічних чинників. За обох норм висіву найвищі середні значення зафіксовано у 2024 р., дещо нижчі – у 2023-му, ще нижчі – у

2025 р. через дефіцит вологи під час фази наливу зерна (рис. 2).

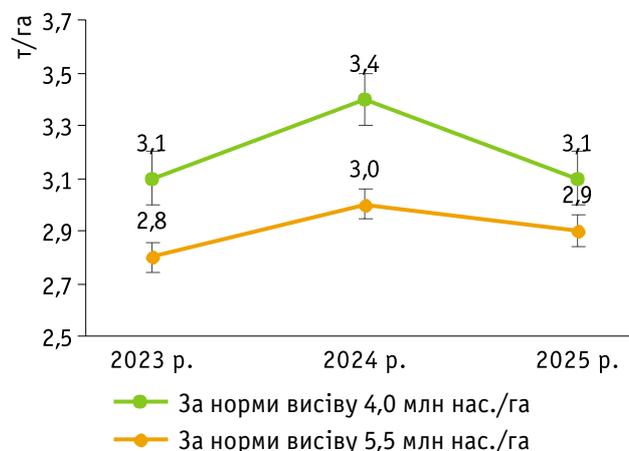


Рис. 2. Середня врожайність за роками залежно від норм висіву насіння

Значуща взаємодія «рік \times норма висіву» ($F = 12,3$; $p < 0,001$) вказує на вираженішу перевагу меншої густоти в більш посушливих умовах 2025 року, коли міжрослинна конкуренція за вологу посилювалася. Різниця між середніми для 4,0 і 5,5 млн нас./га стабільно перевищувала межі $НІР_{0,05}$ головних ефектів (0,032–0,051 т/га). Застосування комбінації препаратів Кормін Імпульс і Планриз М протягом перших двох років досліджень найліпше вплинуло на сорт 'Оксамит миронівський'. Приріст його врожайності, порівнюючи з контролем, у 2023 р. становив 1,67 т/га (4,0 млн нас./га) та 1,53 т/га (5,5 млн нас./га), а у

2024-му – 2,10 та 1,80 т/га відповідно. Водночас за посушливих умов 2025 року на використання препаратів найкраще реагував сорт ‘Дубравка’. Перевага над контролем у нього дорівнювала 0,49 т/га (4,0 млн нас./га) та 1,46 т/га (5,5 млн нас./га).

Щодо норми висіву, то вищу врожайність одержано за 4,0 млн нас./га, як порівняти з 5 млн нас./га ($F = 523,4$; $p < 0,001$). Перевага

простежувалася в усі роки й для більшості сортів (рис. 2 та 3). Подібна реакція властива ярій пшениці: за меншої густоти й відповідно ліпшого водо- та світлозабезпечення формуються стебла з вищою продуктивністю колоса; за більшої – зростають конкуренція та ризик депресії наливу зерна, що особливо проявляється в умовах дефіциту вологи [38].

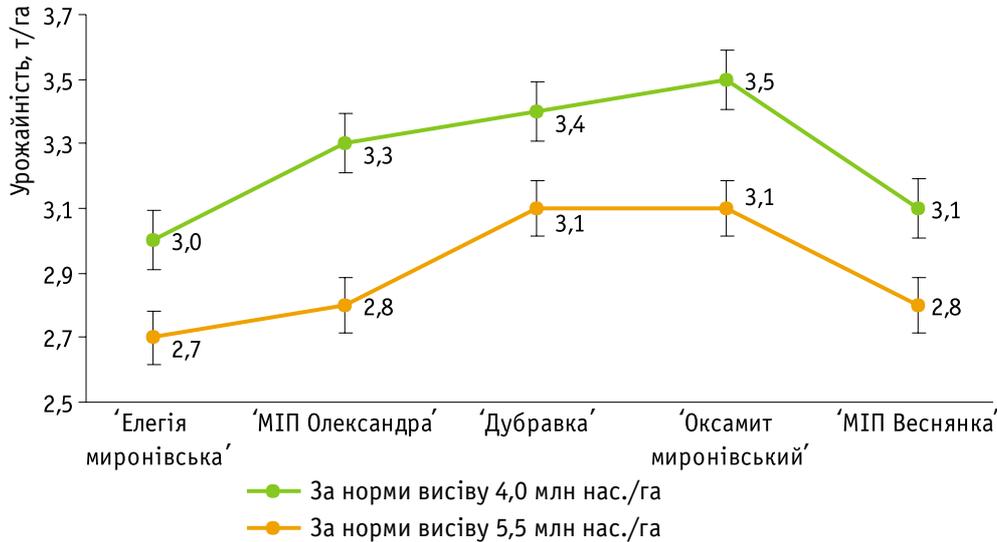


Рис. 3. Середня врожайність сортів залежно від норм висіву насіння (2023–2025 рр.)

Фактор сорту мав значущий, але помірний самостійний вплив ($F = 109,4$; $p < 0,001$; 6,8%). Високим рівнем урожайності в більшості схем застосування препаратів відзначилися ‘Оксамит миронівський’ і ‘Дубравка’, середнім – ‘МІП Олександра’, нижчим – ‘Елегія миронівська’ та ‘МІП Веснянка’ (рис. 3). Взаємодія «рік × сорт» ($F = 59,6$; $p < 0,001$) підкреслила адаптивну специфіку генотипів: за надмірного зволоження 2023 р. переваги окремих із них нівелювалися, тоді як у посушливому 2025 р. ліпші результати показали більш пластичні та посухостійкі. Вагомість поєднання чинників «біопрепарат × сорт» ($F = 24,9$; $p < 0,001$) відображала різну реакцію сортів на застосування біологічних засобів; у більшості варіантів природи за комбінаціями Планриз М + Кормін Імпульс і Триходермін М + Кормін Імпульс перевищували мінімальну істотну різницю.

Найбільшу частку варіації зумовив фактор «біопрепарат» ($F = 1202,5$; $p < 0,001$; 55,7%). За обох норм висіву комбінація Планриз М + Кормін Імпульс забезпечувала максимальні середні значення врожайності. Поєднання Триходермін М + Кормін Імпульс незначно поступалося, але достовірно переважало як контроль, так і варіант лише з мікродобривом

Кормін Імпульс (рис. 4). Найвищий рівень урожайності продемонстрував ‘Оксамит миронівський’ у 2024 р. – 4,74 т/га за норми висіву 4,0 млн нас./га та 4,18 т/га за 5,5 млн нас./га – у варіанті з дворазовим застосуванням комбінації Планриз М + Кормін Імпульс. Поєднання Триходермін М + Кормін Імпульс знижувало показники вказаного сорту на 0,39 та 0,61 т/га відповідно, що свідчить про його диференційовану реакцію на різні біологічні препарати. Втім зазначена комбінація однозначно перевищувала контроль на 1,71 т/га (4,0 млн нас./га) та 1,19 т/га (5,5 млн нас./га).

Значущі взаємодії «рік × біопрепарат» і «норма висіву × біопрепарат» (табл. 2) свідчать, що ефективність комбінацій фунгіцид + органо-мінеральне добриво посилювалася в роки зі сприятливими для розвитку хвороб умовами (надмірне зволоження під час фази колосіння – стиглості у 2023 р.) та у варіанті з нижчою нормою висіву (4,0 млн нас./га). Така реакція узгоджується з відомими механізмами дії *Pseudomonas* та *Trichoderma* – антагонізмом щодо збудників листових хвороб і стимуляцією фізіолого-біохімічних процесів рослин [39, 40].

Щоб порівняти два конкретні поєднання рівнів факторів, використовували НІР_{0,05},

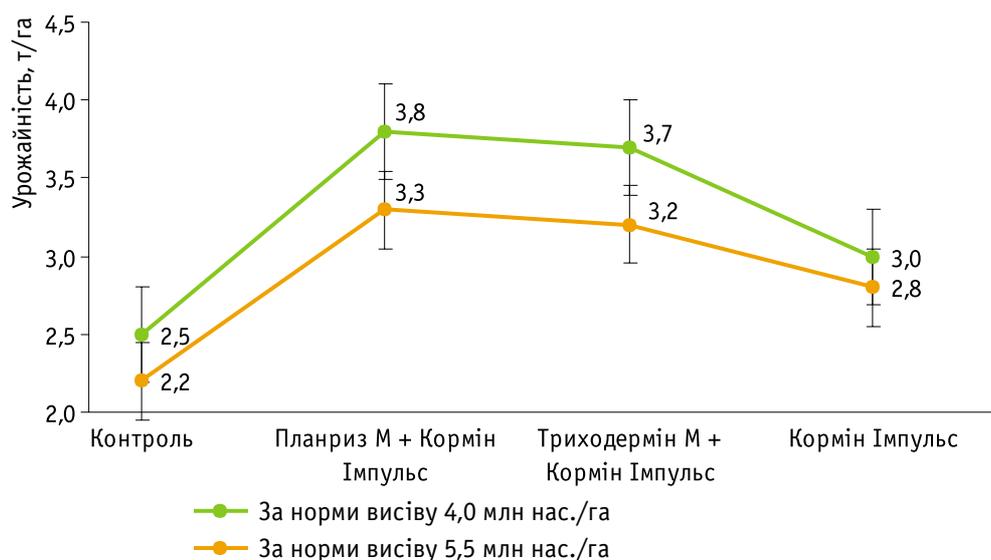


Рис. 4. Середня врожайність залежно від варіантів біологічного захисту та норм висіву насіння (2023–2025 рр.)

розраховану для повного факторіального експерименту (0,249 т/га; df похибки = 240). Це забезпечило коректне трактування локальних різниць на графіках (рис. 2–4): наприклад, комбінація Планриз М + Кормін Імпульс за норми висіву 4,0 млн нас./га для більшості сортів і років достовірно переважала контроль і варіант лише з Кормін Імпульс; за 5,5 млн/га превалювання зберігалося, але часто зменшувалося, що відпові-

дає суттєвій взаємодії «норма висіву × біопрепарат».

Для відокремлення ефекту норми висіву було проведено дисперсійний аналіз у підвибірках 4,0 та 5,5 млн нас./га (табл. 3). В обох основним чинником лишився біопрепарат (частка впливу – 59,7–64,2%). Взаємодія «рік × біопрепарат» була сильнішою за норми 4,0 млн, порівнюючи з 5,5 млн: $F = 13,02$; $p < 0,001$ проти $F = 3,12$; $p = 0,007$.

Таблиця 3

Дисперсійний аналіз урожайності пшениці м'якої ярої за норм висіву 4,0 та 5,5 млн нас./га

Фактор / взаємодія	4,0 млн нас./га				5,5 млн нас./га			
	$F_{\text{факт.}}$	p	Частка впливу, %	$НІР_{0,05}$	$F_{\text{факт.}}$	p	Частка впливу, %	$НІР_{0,05}$
Рік	70,92	< 0,001	4,7	0,060	26,97	< 0,001	1,8	0,051
Біопрепарат	597,08	< 0,001	59,7	0,070	628,31	< 0,001	64,2	0,059
Сорт	57,95	< 0,001	7,7	0,078	55,87	< 0,001	7,6	0,066
Рік × Біопрепарат	13,02	< 0,001	2,6	0,121	3,12	0,007	0,6	0,102
Рік × Сорт	35,52	< 0,001	9,5	0,135	30,57	< 0,001	8,3	0,114
Біопрепарат × Сорт	12,50	< 0,001	5,0	0,156	19,33	< 0,001	7,9	0,132
Рік × Біопрепарат × Сорт	8,53	< 0,001	6,8	0,271	6,63	< 0,001	5,4	0,229

Примітки. $НІР_{0,05}$ – найменша істотна різниця, обчислена за загальною середньоквадратичною похибкою: $MSE = 0,028$ (4,0 млн нас./га) та $MSE = 0,020$ (5,5 млн нас./га). $НІР_{0,05}$ для повних комбінацій: 0,271 (4,0 млн) та 0,229 (5,5 млн). Частка впливу – % внеску фактору в загальну варіацію.

Результати узагальнення графічних матеріалів (рис. 2–3) у комплексі з даними часткового дисперсійного аналізу врожайності пшениці м'якої ярої за нормами висіву (табл. 2) свідчать, що структура факторного впливу була подібною як за 4,0, так і за 5,5 млн нас./га. Обробка біопрепаратами стабільно забезпечувала найбільшу частку варіації врожайності (59,7–64,2%), що узгоджується із зафіксованою на рисунках перевагою комбінацій Планриз М + Кормін Імпульс і Триходермін М + Кормін Імпульс. У межах обох норм висіву чинник «сорт» зберігав помір-

ний, але стійкий вплив (7,6–7,7 %) і відповідав різниці між генотипами, відображеній на рисунку 3.

Взаємодії з фактором «рік» відігравали вагомішу роль у підвибірці 4,0 млн нас./га, що співвідноситься з більшою амплітудою міжрічних варіювань, зафіксованих на рисунку 2. Водночас вплив поєднання чинників «біопрепарат × сорт» був виразнішим за густоти 5,5 млн нас./га. Це підтверджує структурні відмінності між препаратами (рис. 4) та підсилену диференціацію сортів зі збільшеною нормою висіву.

Отже, застосування комбінацій біофунгіцидів та органо-мінерального добрива було головним фактором варіації рівня врожайності за обох норм висіву. Різниця полягала передусім у силі взаємодій чинників «рік» і «сорт», а відображена на рисунках динаміка повністю корелювала з результатами дисперсійного аналізу.

Висновки

Погодні фактори та контрастні гідротермічні умови 2023–2025 рр. зумовлювали зміни рівня врожайності сортів пшениці м'якої ярої. Втім, за результатами дисперсійного аналізу, найбільший вплив на варіацію цього показника мали елементи технології вирощування. Чинник «біопрепарат» забезпечив 55,7% загальної дисперсії врожайності, «норма висіву» – 8,1%, «сорт» – 6,8%, а «рік» – 2,9%.

Найвищі усереднені показники продуктивності в більшості варіантів дослідження демонстрували сорти 'Оksamит миронівський' (3,5 т/га) і 'Дубравка' (3,4 т/га). Середнім рівнем урожайності (3,3 т/га) відзначився сорт 'МПП Олександра', тоді як 'Елегія миронівська' (стандарт) та 'МПП Веснянка' мали нижчу продуктивність (3,0; 3,1 т/га). Взаємодії чинників «рік × сорт» та «біопрепарат × сорт» вказують на диференційований відгук генотипів за зміни погодних умов і застосування комбінацій біологічних засобів з органо-мінеральним добривом.

Виявлено, що для отримання максимального рівня врожайності пшениці м'якої ярої за обох норм висіву оптимальним є дворазове використання біологічного препарату фунгіцидної дії Планриз М у поєднанні з позакореневим підживленням органо-мінеральним добривом Кормін Імпульс. Обробка у фазах ВВСН 32 та ВВСН 55 зі внесенням Планриз М у нормі 2 л/га та Кормін Імпульс у фазі ВВСН 32 в нормі 1 л/га в середньому забезпечила формування врожаїв на рівні 3,8 т/га за густоти 4,0 млн нас./га та 3,3 т/га за 5,5 млн нас./га. Вказані показники переважали контроль (на 1,3 та 1,1 т/га) і варіант лише з Кормін Імпульс (на 0,8 і 0,5 т/га відповідно). Застосування Триходермін М за аналогічної схеми також сприяло одержанню врожайності, стабільно вищої, ніж контрольна (на 1,2 т/га за норми висіву 4,0 млн нас./га та 1,0 т/га за 5,5 млн нас./га), однак нижчої, порівнюючи з варіантом із Планриз М.

References

1. Mazniev, H. Ye. (Ed.). (2015). *Innovative resource-saving technologies: Efficiency under different financial conditions of agri-*

cultural enterprises. Maidan. <https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/8095> [In Ukrainian]

- Uthayakumar, S., & Wrigley, C. (2017). Wheat: Grain-quality characteristics and management of quality requirements. In *Cereal grains: Assessing and managing quality* (2nd ed., pp. 91–134). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100719-8.00005-X>
- Kabato, W., Getnet, G. T., Sinore, T., Nemeth, A., & Molnár, Z. (2025). Towards climate-smart agriculture: Strategies for sustainable agricultural production, food security, and greenhouse gas reduction. *Agronomy*, 15(3), Article 565. <https://doi.org/10.3390/agronomy15030565>
- FAO. (2023). *Pesticides use and trade, 1990–2021*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/statistics/highlights-archive/highlights-detail/pesticides-use-and-trade-1990-2023/en>
- European Commission. (2020). *Farm to Fork Strategy: For a fair, healthy and environmentally-friendly food system (Action Plan)*. https://food.ec.europa.eu/system/files/2020-05/f2f_action-plan_2020_strategy-info_en.pdf
- European Commission. (2025). *Pesticide reduction targets – Progress tracking under the Sustainable Use of Pesticides Directive*. Food Safety Directorate. https://food.ec.europa.eu/plants/pesticides/sustainable-use-pesticides/pesticide-reduction-targets-progress_en
- Bastos, L. M., Carciochi, W., Lollato, R. P., Jaenisch, B. R., Rezende, C. R., Schwalbert, R., Vara Prasad, P. V., Zhang, G., Fritz, A. K., Foster, C., Wright, Y., Young, S., Bradley, P., & Ciampitti, I. A. (2020). Winter wheat yield response to plant density as a function of yield environment and tillering potential: A review and field studies. *Frontiers in Plant Science*, 11, Article 54. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00054>
- Sui, L., Li, J., Philp, J., Yang, K., Wei, Y., Li, H., Li, J., Li, L., Ryder, M., Toh, R., Zhou, Y., Denton, M. D., Hu, J., & Wang, Y. (2022). *Trichoderma atroviride* seed dressing influenced the fungal community and pathogenic fungi in the wheat rhizosphere. *Scientific Reports*, 12, Article 9677. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-13669-1>
- Tiwari, M., Singh, R., Jha, R., & Singh, P. (2022). Heritable priming by *Trichoderma*: A sustainable approach for wheat protection against *Bipolaris sorokiniana*. *Frontiers in Plant Science*, 13, Article 1050765. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1050765>
- Yi, Y., Hou, Z., Shi, Y., Zhang, C., Zhu, L., Sun, X., Zhang, R., & Wang, Z. (2023). *Pseudomonas fluorescens* RB5 as a biocontrol strain for controlling wheat sheath blight caused by *Rhizoctonia cerealis*. *Agronomy*, 13(8), Article 1986. <https://doi.org/10.3390/agronomy13081986>
- Rebouch, N. Y., Khugaev, C. V., Utkina, A. O., Isaev, K. V., Mohamed, E. S., & Kucher, D. E. (2023). Contribution of eco-friendly agricultural practices in improving and stabilizing wheat crop yield: A review. *Agronomy*, 13(9), Article 2400. <https://doi.org/10.3390/agronomy13092400>
- Vakhniy, S. P., & Voytko, A. V. (2024). Yield structure and grain quality of spring soft wheat depending on the elements of cultivation technology. *Taurian Scientific Herald*, 138, 22–33. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.138.3> [In Ukrainian]
- Silva, V., Yang, X., Fleskens, L., Ritsema, C. J., & Geissen, V. (2022). Environmental and human health at risk – Scenarios to achieve the Farm to Fork 50% pesticide reduction goals. *Environment International*, 165, Article 107296. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107296>
- Olijnyk, K., & Jula, V. (2019). Morphophysiological features of formation of productivity of summer wheat in conditions of climate fluctuation. *Bulletin of Agricultural Science*, 11, 32–41. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201911-05> [In Ukrainian]
- Hernandez-Ochoa, I. M., Asseng, S., Kassie, B. T., Xiong, W., Robertson, R., Luz Pequeno, D. N., Sonder, K., Reynolds, M., Barber, M. A., Molero Milan, A., & Hoogenboom, G. (2018). Climate change impact on Mexico wheat production. *Agricultural and*

- Forest Meteorology*, 263, 373–387. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.09.008>
16. Voloshchuk, I. S. (2018). Weather conditions as a factor in determining zones of ecological seed growing of winter wheat. *Foothill and Mountain Agriculture and Stockbreeding*, 64, 31–43. [https://doi.org/10.32636/01308521.2018-\(64\)-3](https://doi.org/10.32636/01308521.2018-(64)-3) [In Ukrainian]
 17. FAO. (2023). *The State of Food and Agriculture 2023: Revealing the true cost of food to transform agrifood systems*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://doi.org/10.4060/cc7724en>
 18. Choqiri, A., Aboudrare, A., Bouabid, R., Drissi, S., Fagroud, M., & Zine el Abidine, A. (2025). Effects of seeding rate on growth parameters and yield components of soft wheat in a no-till system in the Saïs area of Morocco. *Moroccan Journal of Agricultural Sciences*, 6(2), 85–91. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.15466118>
 19. Chen, G., Yu, W., Zheng, Y., Zhang, L., Si, J., Zhao, K., Li, R., Zhao, D., Qu, L., Zhang, B., Li, S., Kong, L., Yang, Z., & Li, H. (2025). Optimizing sowing time and density can synergistically improve the productivity and quality of strong-gluten wheat in different ecological regions of Shandong Province. *Plants*, 14(3), Article 372. <https://doi.org/10.3390/plants14030372>
 20. Barabolia, O. V., & Latysh, A. A. (2025). Impact of agro-climatic factors and fertilization systems on yield and grain quality of hard spring wheat in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Scientific Progress & Innovations*, 28(1), 81–87. <https://doi.org/10.31210/spi2025.28.01.14>
 21. Demydov, O. (Ed.). (2024). Influence of agrotechnical cultivation measures on the seed production of spring wheat: Methodological recommendations. Myronivka Institute of Wheat. https://mip.com.ua/images/2025/Metodrekomensii/The_influence_of_agrotechnical_cultivation_measures_on_the_seed_production_of_spring_wheat.pdf [In Ukrainian]
 22. Sirenko, A. S. (2023). Septoria of spring wheat and its control in the conditions of Kharkiv region. BTU. <https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/51623> [In Ukrainian]
 23. Jarecki, W. (2024). Response of winter wheat to diversified sowing date and sowing density. *Journal of Central European Agriculture*, 25(4), 945–954. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/25.4.4131>
 24. Lapchynskyi, V. V., Kyselov, O. M., & Lakusta, A. A. (2025). Assessment of the effectiveness of organic methods in growing cereal crops under climate change. *Podilian Bulletin: Agriculture, Engineering, Economics*, 49, 79–85. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-4.12> [In Ukrainian]
 25. Zubets, M. V. (Ed.). (2010). Natural resources of the Forest-Steppe and prospects for land use optimization. In *Scientific foundations of agro-industrial production in the Forest-Steppe zone of Ukraine* (pp. 15–37). Ahrarna nauka. [In Ukrainian]
 26. Shevchenko, O. I., Kryvda, Yu. I., & Demydenko, V. H. (2009). Degradation of typical chernozem in crop rotations of the Myronivka Institute. *Scientific and Technical Bulletin of the V. M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat of the Ukrainian Academy of Agrarian Sciences*, 9, 292–300. [In Ukrainian]
 27. Livandovskiy, A. A., Khomenko, T. M., Smulska, I. V., Dzhulaj, N. P., & Barban, O. B. (2016). (2016). *Methodology for the examination of cereal, goat, and leguminous crop varieties for suitability for distribution in Ukraine* (S. O. Tkachyk, Ed.). Ukrainian Institute for Plant Variety Examination. [In Ukrainian]
 28. Makrushyn, M. M. (1994). *Seed science of field crops*. Urozhai. [In Ukrainian]
 29. Yeshchenko, V. O., Kopytko, P. H., Opryshko, V. P., & Kostohryz, P. V. (2014). *Fundamentals of scientific research in agronomy* (V. O. Yeshchenko, Ed.). Edelveis i K. [In Ukrainian]
 30. Didora, V. H., Smahlii, O. F., Ermantraut, E. R., Hudz, V. P., Moiseienko, V. V., Manko, Yu. P., Trofymenko, P. I., Saiuk, O. A., Derebon, I. Yu., & Khraپیichuk, P. P. (2013). *Methodology of scientific research in agronomy: A textbook*. Tsentr navchalnoi literatury. <http://ir.polissiauniver.edu.ua/handle/123456789/3892> [In Ukrainian]
 31. Bakhrushyn, V. Ye. (2011). *Methods of data analysis*. Klyasychnyi Pryvatnyi Universytet. [In Ukrainian]
 32. Ermantraut, E. R., Hoptsi, T. I., Kalenska, S. M., Kryvoruchenko, R. V., Tupchynova, N. P., & Prysiashniuk, O. I. (2014). *A method of breeding experiment (in plant growing)*. Kharkiv National Agrarian University named after V. V. Dokuchaev. [In Ukrainian]
 33. Hydrothermal moisture coefficient. <https://superagronom.com/slovník-agronoma/gidrotermichniy-koeficiyent-zvolozhennya-id20236> [In Ukrainian]
 34. Demydov, O. A. (Ed.). (2024). *Technology of cultivating spring wheat varieties of Myronivka breeding in the Forest-Steppe of Ukraine: Methodical recommendations*. The V. M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat of NAAS of Ukraine. [In Ukrainian]
 35. Holzapfel, Ch. (2016). *Optimal seeding rates for wheat with and without plant growth regulators*. Agricultural Demonstration of Practices and Technologies (ADOPT) Program. <https://iharf.ca/wp-content/uploads/2024/02/Seeding-Rates-for-Wheat-with-and-without-Plant-Growth-Regulators.pdf>
 36. Radchenko, M., Trotsenko, V., Butenko, A., Hotvianska, A., Gulenko, O., Nozdrina, N., Karpenko, O., & Rozhko, V. (2024). Influence of seeding rate on the productivity and quality of soft spring wheat grain (*Triticum aestivum* L.). *Agriculture and Forestry*, 70(1), 91–103. <https://doi.org/10.17707/AgricultFor-est.70.1.06>
 37. Ozturk, A., Caglar, O., & Bulut, S. (2006). Growth and yield response of facultative wheat to winter sowing, freezing sowing and spring sowing at different seeding rates. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 192(1), 10–16. <https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2006.00187.x>
 38. Liu, Y., Liao, Y., & Liu, W. (2021). High nitrogen application rate and planting density reduce wheat grain yield by reducing filling rate of inferior grain in middle spikelets. *The Crop Journal*, 9(2), 412–426. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2020.06.013>
 39. Patel, J. S., Sarma, B. K., Singh, H. B., Upadhyay, R. S., Kharwar, R. N., & Ahmed, M. (2016). *Pseudomonas fluorescens* and *Trichoderma asperellum* enhance expression of G α subunits of the pea heterotrimeric G-protein during *Erysiphe pisi* infection. *Frontiers in Plant Science*, 6, Article 1206. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.01206>
 40. Yendyo, Sh., Ramesh, G. C., & Pandey, B. R. (2018). Evaluation of *Trichoderma* spp., *Pseudomonas fluorescens* and *Bacillus subtilis* for biological control of *Ralstonia* wilt of tomato [Version 3]. *F1000Research*, 6, Article 2028. <https://doi.org/10.12688/f1000research.12448.3>

UDC 633.111:631.5:631.8

Miliar, B. S., & Blyzniuk, B. V.* (2025). Yield of soft spring wheat depending on sowing rates and the use of biological preparations. *Plant Varieties Studying and Protection*, 21(4), 197–206. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.21.4.2025.346236>

*The V. M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat, NAAS of Ukraine, 68 Tsentralna St., Tsentralne village, Obukhiv district, Kyiv region, 08853, Ukraine, *e-mail: kolomyets359@gmail.com*

Purpose. To determine the influence of agrotechnological elements (sowing rates and biological fungicides) on the productivity of soft spring wheat varieties in Forest-Steppe of Ukraine and to assess the role of the main research factors in the variation of this indicator. **Methods.** The study was conducted in the conditions of the V. M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat of the NAAS in 2023–2025 according to a multifactorial scheme: seeding rate (4.0 and 5.5 million seeds/ha), pre-sowing treatment and foliar feeding [control and variants with Planriz M (spraying of crops in the BBCH 32 and BBCH 55 phases at a rate of 2 l/ha) + Kormin Impuls (pre-sowing treatment of seeds at a rate of 1 l/t), Trichodermin M (spraying of crops in the BBCH 32 and BBCH 55 phases at a rate of 1 l/ha) + Kormin Impuls (pre-sowing treatment of seeds at a rate of 1 l/t), Kormin Impuls (spraying of crops in the BBCH 32 phases at a rate of 1 l/ha)]. The experiment was set up in quadruplicate, using the randomized split block method. The level of reliability in it and the influence of factors were determined using variance analysis, calculating F, p, influence shares and $LSD_{0.05}$. The material for the research was five varieties of soft spring wheat of Myronivka breeding: 'Elehiiia Myronivska' (standard), 'MIP Oleksandra', 'Dubravka', 'Oksamyt Myronivskyi' and 'MIP Vesnianka'. **Results.** The level of variation in yield was most influenced by technological factors: biopreparation (55.7%), seeding rate (8.1%) and variety (6.8%). Stably higher productivity was recorded at a

seeding rate of 4.0 million seeds/ha compared to 5.5 million seeds/ha ($F = 523.4$; $p < 0.001$), particularly in the dry year of 2025 ($GTC = 0.75$), when the difference exceeded the $LSD_{0.05}$ threshold. The influence of the factor "biopreparation" accounted for 55–64% of the total variation in yield; the maximum average values were obtained using the Planriz M + Kormin Impuls combination at both seeding rates. Significant productivity levels were achieved with the varieties 'Oksamyt Mironivskyi' and 'Dubravka'. In the subsample of 4.0 million seeds/ha, a stronger interaction between the factors "year \times biopreparation" was noted, indicating sensitivity to contrasting weather conditions. For 5.5 million seeds/ha, a stronger interaction between "biopreparation \times variety" was noted, highlighting the importance of selecting the "variety \times parathion" pair in denser crops. **Conclusions.** In the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine, the optimal seeding rate is 4.0 million seeds/ha, at which point most varieties demonstrated maximum yield levels. In the ecologized technology of growing spring wheat, the introduction of a complex of biological preparations with fungicidal action (e.g. Planriz M or Trichodermin M) combined with organo-mineral fertiliser Kormin Impuls for foliar feeding is an effective technological factor in productivity formation.

Keywords: *Triticum aestivum L.*; seeding rate; biological preparation; Planriz M; Trichodermin M; Kormin Impuls; yield; ecologization; sustainability of agroecosystems.

Надійшла / Received 12.11.2025
Погоджено до друку / Accepted 05.12.2025