

Секція 6.

БІОТЕХНОЛОГІЯ ТА БІОБЕЗПЕКА

Мільяр Б. С.¹, Близнюк Б. В.^{1*}, Душко П. М.², Близнюк Р. М.¹

¹Миронівський інститут пшениці імені В. М. Ремесла НААН України, вул. Центральна, 68, с. Центральне, Обухівський район, 08853, Україна

²Інститут агроекології і природокористування НААН, вул. Метрологічна, 12, м. Київ, 03143, Україна

e-mail: kolomyets359@gmail.com

ВПЛИВ БІОЛОГІЧНИХ СКЛАДОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ЯРОЇ

Пшениця м'яка яра (*Triticum aestivum* L.) належить до провідних культур у структурі зернового клину України та є визначальним елементом системи продовольчої безпеки держави. В умовах глобальних змін клімату, підвищення вартості ресурсів і вимог до екологічної сталості агровиробництва особливої актуальності набуває впровадження технологій, що поєднують високу продуктивність із мінімальним антропогенним навантаженням на навколишнє середовище. Впродовж 2020–2025 рр. спостерігаємо посилення інтересу до біологізації технологій вирощування зернових культур, що відображено в політичних і регуляторних ініціативах, та у фахових джерелах. Європейська стратегія «Farm to Fork» окреслює курс на скорочення використання пестицидів і моніторинг прогресу держав-членів. На світовому рівні FAO підкреслює необхідність переходу до екологічно та соціально збалансованих агротехнологій. У рамках цього підходу важливо враховувати біологічні елементи технології, зокрема норму висіву, яка є одним з основних чинників керування продуктивністю пшениці.

Мікробні інокулянти та інші екологічно орієнтовані практики є важливою складовою інтегрованих технологій підвищення й стабілізації врожайності пшениці. Насіння, оброблене *Trichoderma atroviride*, змінює структуру грибної спільноти ризосфери, зменшуючи вплив патогенів і сприяючи продуктивності посівів. Для бактеріальних агентів біоконтролю доведено антагоністичну дію *Pseudomonas fluorescens* проти *Rhizoctonia cerealis*, що супроводжується стимулюванням ростових процесів рослин. Оптимізація норми висіву і строків сівби є базовою умовою реалізації сортового потенціалу, а інтеграція біофунгіцидів на основі *Trichoderma* та *Pseudomonas* до технології здатна знижу-

вати патогенний тиск і підтримувати високий рівень продуктивності. Адаптація цих рішень до конкретних умов Лісостепу України – з урахуванням локального фітосанітарного фону й кліматичної варіабельності залишається необхідною умовою стабільної врожайності та екологічної безпеки.

Дослідження виконано у 2023–2025 рр. на базі Миронівського інституту пшениці імені В. М. Ремесла НААН України (МІП). Гідротермічні умови впродовж досліджуваних років істотно відрізнялися за температурою та кількістю опадів. У 2023 р. спостерігали надмірне зволоження на початкових етапах вегетації (ГТК = 3,47), посуху під час колосіння (ГТК = 0,73) і знову надлишок опадів у період наливу зерна (ГТК = 1,97). Сумарний гідротермічний коефіцієнт за рік становив 1,34, що відповідає оптимальному рівню зволоження. У 2024 р. умови були стабільнішими – на етапі сходи–вихід у трубку ГТК дорівнював 1,21, а за весь період вегетації – 1,22, що свідчить про оптимальні гідротермічні умови. Натомість 2025 р. характеризувався різкою контрастністю: весняне перезволоження (ГТК = 4,21) змінювалося літньою посухою (ГТК = 0,39). У середньому за рік ГТК становив 0,75, що свідчить про посушливі умови. Загалом середньодобова температура в період вегетації варіювала в межах 8,3–22,7°C, а кількість опадів – 42,3–199,2 мм залежно від фази розвитку. Такі контрастні погодні умови забезпечили репрезентативність експерименту.

Об'єктом дослідження були п'ять сортів пшениці м'якої ярої миронівської селекції: 'Елегія миронівська' (стандарт), 'МІП Олександра', 'Дубравка', 'Оksamит миронівський' та 'МІП Веснянка'. Дослідження проводили за двох норм висіву – 4,0 та 5,5 млн нас./га. У дослідах вивчали дію біофунгіцидів Планриз М (активна речовина – *Pseudomonas fluorescens* AP-33, 1 л/га) та Триходермін М (активна речовина – гриби роду *Trichoderma*, 2 л/га), які застосовували дворазово – у фазах виходу в трубку та колосіння. Також досліджували вплив органо-мінерального біостимулятора Кормін Імпульс (1 л/т насіння під час обробки та 1 л/га в період вегетації) на врожайність і якість зерна.

За узагальненим дисперсійним аналізом визначили, що провідним драйвером варіації врожайності є біологічний захист (біофунгіцид): $F_{\text{факт}} = 1202,5$; $p < 0,001$; частка впливу $\approx 55,7\%$. Достовірними були також «норма висіву» ($F = 523,4$; $p < 0,001$; 8,1%) і «сорт» ($F = 109,4$; $p < 0,001$; 6,8%), а також фактор «рік» ($F = 93,3$; $p < 0,001$; 2,9%). Значущі взаємодії «рік $\times$ норма», «рік $\times$ біофунгіцид», «норма $\times$ біофунгіцид», «рік $\times$ сорт», «біофунгіцид $\times$ сорт» тощо підтверджують контекстну природу ефектів. Ефект року виявився достовірним, але менш впливовим, ніж технологічні фактори. У 2024 р. рівень врожайності був найвищим, тоді як у 2025 р. його знизив брак вологи під час наливу зерна.

Виявлено значущу взаємодію «рік $\times$ норма висіву» ($F = 12,3$; $p < 0,001$): перевага меншої густоти була більш вираженою в посушливих умовах

2025 р., коли міжрослинна конкуренція за вологу посилювалася. Різниця між нормами 4,0 і 5,5 млн нас./га стабільно перевищувала межі НІР (0,032–0,051 т/га). Норма 4,0 млн нас./га забезпечувала систематично вищу врожайність ($F = 523,4$; $p < 0,001$) у всі роки та для більшості сортів. Причинно-наслідковий зв'язок типовий для ярої пшениці: за нижчої густоти формуються краще освітлені й забезпечені вологою стебла з вищою продуктивністю колоса, тоді як за густішого стояння посилюється конкуренція і зростає ризик зниження наливу зерна.

Найбільшу частку варіації зумовив фактор «біофунгіцид» ($F = 1202,5$; $p < 0,001$; 55,7%). Вищий рівень врожайності за обох норм висіву забезпечив Планриз М, тоді як Триходермін М дещо поступався, але достовірно перевищував контроль і варіант із Кормін Імпульс. Взаємодії «рік × біофунгіцид» і «норма × біофунгіцид» продемонстрували, що ефект біозахисту посилювався за підвищеного фітопатогенного тиску (надмірне зволоження 2023 р.) та за нижчої густоти стояння (4,0 млн нас./га). Така тенденція відповідає механізмам дії *Pseudomonas* і *Trichoderma*, які поєднують антагонізм до ґрунтових патогенів зі стимулюванням фізіолого-біохімічних процесів рослин.

Поділ даних за нормами висіву дав змогу з'ясувати особливості формування врожайності та ефективності технологічних чинників. За густоти 4,0 млн нас./га основним фактором залишався «біофунгіцид» (59,7%; $F = 597,08$; $p < 0,001$), однак відчутною була роль року (4,7%) та взаємодії «рік × біофунгіцид» (2,6%), що свідчить про адаптивність біозахисту до погодних умов. У вологі роки прибавка від Планриз М і Триходермін М зростала через підвищений фітопатогенний тиск, тоді як у посушливі – проявлялася завдяки зниженій конкуренції за ресурси. За густоти 5,5 млн нас./га внесок «біофунгіциду» зріс (64,2%), тоді як вплив року зменшився (1,8%), що вказує на більшу залежність густих посівів від поєднання «сорт × біопрепарат». Взаємодія «біофунгіцид × сорт» посилилася до 7,9% (проти 5,0% на 4,0 млн нас./га), підтверджуючи критичну роль правильного підбору пари «сорт + біопрепарат». У цілому густина 4,0 млн нас./га забезпечує більшу керованість системи: посів чутливіше реагує на сприятливі погодні умови, тоді як за 5,5 млн нас./га рівень врожайності сильніше залежить від ефективності біоконтролю патогенів і специфіки взаємодії генотипу з конкретним біопрепаратом.

Отримані результати дають підстави для формування узгодженої технологічної стратегії вирощування ярої пшениці в умовах Лісостепу. Оптимальною нормою висіву слід вважати 4,0 млн нас./га, за якої посіви ефективніше використовують ресурси вологи та світла, краще реалізують продуктивність колоса і забезпечують стабільний ефект біологічного захисту. Біозахист виступає ключовим чинником підвищення врожайності: за норми 4,0 млн нас./га він особливо ефективний у посушливі роки, тоді як за 5,5 млн нас./га – пом'якшує внутрішньо-

посівну конкуренцію. За підвищеної густоти вирішальне значення має добір комбінації «сорт × біопрепарат», тоді як за базової густоти визначальним є вплив року.

Соловйов О. В.^{*}, Сидякіна О. В.

*Херсонський державний аграрно-економічний університет, вул. Стрітенська, 23,
м. Херсон, 73006, Україна*

**e-mail: sasha.h198831@gmail.com*

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ БІОТЕХНОЛОГІЧНИХ ПІДХОДІВ ДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОСЛИН БІОЛОГІЧНИМ АЗОТОМ

Азотфіксуючі мікроорганізми відіграють основну роль у глобальному кругообігу азоту, забезпечуючи єдиний можливий природний шлях перетворення атмосферного азоту в біологічно придатну до використання рослинами форму. В результаті біологічної фіксації азоту підвищується родючість ґрунту, що позитивно впливає на ріст і розвиток рослин та формування ними продуктивності без внесення високих норм мінеральних добрив, надмірне використання яких є ресурсовитратним та потенційно небезпечним для навколишнього середовища.

За даними FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) та профільних звітів, у світі щороку використовується понад 150 млн тонн мінеральних азотних добрив, 30% з яких трансформуються у парникові гази. Одночасно із цим, за результатами багатьох досліджень, коефіцієнт використання азоту із внесених добрив коливається у межах 35–50%. До інших негативних наслідків нераціонального використання мінеральних добрив слід віднести значні енергетичні витрати на їх виробництво і безпосереднє внесення, а також постійне зростання їх вартості.

Водночас, скорочення обсягів використання мінеральних добрив, призводить не лише до зниження рівнів урожайності вирощуваних культур, а й до деградації та виснаження ґрунтів.

Усе вище перелічене спонукає до нових наукових пошуків, у тому числі у сфері біотехнологій, які в разі підтвердження їх ефективності та успішного впровадження у виробництво зможуть стати дієвим доповненням до традиційної системи удобрення і, як наслідок, покращити економічну та екологічну складову вирощування культур.

Сучасні технології біологічного походження, що використовуються для забезпечення потреб рослин азотом активно розвиваються, та можуть виступати в ролі доповнення до мінеральних добрив. Увагу дослідників привертають азотфіксуючі мікроорганізми, що здатні перетворювати атмосферний азот у доступну до використання рослинами