

УДК 633.11:631.811.98:581.9
DOI:10.37128/2707-5826-2025-4-14
ФОРМУВАННЯ ЯКІСНИХ
ПОКАЗНИКІВ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ
М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД
СОРТОВИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ТА
ДІЇ БІОСТИМУЛЯТОРІВ НА
ОСНОВІ РИЗОБАКТЕРІЙ

Б.О. ПАЛАЗЬЮК, здобувач наукового ступеня доктора філософії
С.О. ЮРЧЕНКО, кандидат с.-г. наук, доцент, завідувач кафедри селекції, насінництва і генетики, Полтавський державний аграрний університет

У статті наведено результати трирічних досліджень, ціллю яких було встановлення впливу біостимуляторів на основі ризобактерій на формування якісних показників зерна пшениці м'якої озимої. Дослідження проводилися на трьох сортах: Манжеля, Богдана, Алтіго, в умовах Лівобережного Лісостепу України. Надано характеристику агрокліматичних умов періоду спостережень та агрохімічний опис ґрунту. Надано оцінку ефективності чотирьох біопрепаратів, що різнилися за своїм складом. Встановлено, що застосування бактеріальних препаратів у фазу весняного куцання (ВВСН 22) сприяло зростанню натури зерна, вмісту білка та сирі клейковини у порівнянні з контролем у межах досліджуваних сортів. Отримано задовільні результати у збільшенні натури на 5-9 г/л, вмісту білка та клейковини на 0,2-0,4% та 0,4-0,7% відповідно. За результатами багатофакторного дисперсійного аналізу визначено важливу роль сортового чинника та встановлено взаємодію факторів кліматичних умов року та сорту, яка свідчить про реакцію генотипів на погодні умови. Побудовано кореляційні та регресійні моделі, які підтверджують наявність оберненого зв'язку між основними показниками якості та урожайності. При цьому зафіксоване часткове пом'якшення цього кореляційного зв'язку за рахунок дії біопрепаратів. Узагальнення даних дозволило виявити низку стійких тенденцій, що підтверджують стабільність реакції культури на застосовані біопрепарати. Виявлена дія свідчить про їх потенціал у підвищенні адаптивності посівів до мінливих погодних умов, що є важливим у теперішніх кліматичних умовах. Отримані результати є підтвердженням доцільності застосування біопрепаратів на основі ризобактерій як засіб підтримання основних якісних показників зерна пшениці за мінливих агрокліматичних умов та особливостей сорту. Дані досліджень можуть бути джерелом вдосконалення адаптивних технологій вирощування культури та частиною біологізованих систем удобрення.

Ключові слова: пшениця озима, біопрепарати, якість зерна, білок, клейковина, натура, урожайність, кореляційний аналіз.

Табл. 1. Рис. 5. Літ. 20.

Постановка проблеми. Пшениця м'яка озима є ключовою продовольчою культурою, що формує основу раціону населення та визначає рівень продовольчої безпеки. Її господарська цінність визначається поєднанням урожайності та якості зерна, яка включає вміст білка, клейковини, масу тисячі зерен, натуру та інші показники, що зумовлюють харчову й технологічну придатність [1]. Формування цих ознак залежить від комплексу факторів: генетичних особливостей сорту, агротехнічних прийомів, попередників, строків сівби та рівня мінерального живлення, тоді як вирішальний вплив часто мають погодні умови року [2].



У сучасних умовах кліматичних змін та зростання вартості ресурсів актуальним є пошук технологій, що забезпечують не лише стабільний урожай, а й високу якість зерна. Особливу увагу приділяють застосуванню біостимуляторів, мікробних препаратів, органо-мінеральних добрив і позакореневого підживлення, які дозволяють оптимізувати живлення рослин та покращити якісні характеристики продукції. Аналіз сучасних наукових досліджень у цій сфері є необхідним для узагальнення існуючих результатів і визначення перспективних напрямів підвищення якості зерна озимої пшениці.

Аналіз досліджень і публікацій. Формування якості зумовлюється впливом агротехнічних та агроекологічних факторів. Агроекологічні фактори та річна варіабельність здатні змінювати показник якості, що підтверджують дослідження Демидова О. та інших. Умови року найбільше впливали на масу 1000 зерен, вміст білка та силу борошна (23,4–30,5%), а найменше — на об'єм хліба (2,8%) [2]. Гаврилюк І. та Ковалишина Г. підтверджують, що вирішальний вплив на якість зерна мали умови року, але до того ж відзначають і сортові відмінності: у межах одного року показники білка варіювали від 8,5 до 13,3 %, а клейковини — від 15,2 до 24,2 %, що свідчить про залежність рівня якості також від генетичних особливостей сорту [3].

Заїма О. та інші визначають, що елементи технології вирощування, такі як попередники та строки сівби пшениці мають суттєвий вплив на вміст білка, клейковини та масу 1000 зерен. Найкращі якісні показники зерна забезпечував попередник соя. Найгірші результати за більшістю параметрів отримано після соняшника та гірчиці. Строк сівби 25.09 формував кращі якісні показники у порівнянні зі строком 15.10. [4]. Augšpole I. та ін. зазначають, що системи обробітку ґрунту зумовлюють варіацію якісних показників зерна озимої пшениці: маса 1000 зерен становила 36,8–42,1 г, вміст білка — 11,2–12,5 %, а клейковини – 22,4–25,1 % [5].

У формуванні якісних показників зерна пшениці ключовим фактором є мінеральне живлення. Лісовий М. та ін. [6] встановили, що оптимальне співвідношення NPK забезпечувало істотне підвищення вмісту білка та клейковини, тоді як дисбаланс елементів живлення призводив до зниження якості. Шевчук М. та інші, зазначають що не лише кількість, а й баланс елементів має вирішальне значення. Підвищення якості зерна досягли за рахунок оптимального співвідношення азоту та калію, тоді як дефіцит або надлишок одного з елементів знижував білково-клейковинний вміст і силу борошна [7].

Поряд із цим важливим залишається вплив строків сівби та доз внесення азоту. Lachutta K та інші зазначають, що поєднання різних стратегій сівби із весняними нормами азоту істотно впливало на технологічну якість зерна, визначаючи його придатність до переробки [8]. Кліпакова Н. та інші, відзначають, що не лише доза, а й строки внесення азотних підживлень мають критичний вплив на рівень білка та клейковину у зерні [9].

За результатами Дегодюка С. та Мулярчук А., мінеральна й органіко-мінеральна системи забезпечували на 2–3 % більше білка та на 3–4 % більше клейковини порівняно з органічною, що підтверджує перевагу у формуванні якісного зерна озимої пшениці [10]. Позакореневе підживлення озимої пшениці сприяє суттєвому поліпшенню якісних характеристик зерна. Зокрема, відмічено підвищення вмісту білка й клейковини, а також покращення фізичних параметрів — маси тисячі зерен, натури та скловидності. Це свідчить про важливу роль фоліарного живлення у формуванні високої харчової та технологічної цінності зерна [11].

Біостимулятори традиційно розглядають як засіб підвищення врожайності озимої пшениці, однак не менш цікаво простежити їхній вплив на якісні показники зерна. Дубицька А. та ін. встановили, що застосування мінеральних добрив у поєднанні з біостимуляцією та гумусовим добривом підвищувало вміст білка у зерні озимої пшениці з 9,3 до 12,2 % і клейковини з 18,4 до 25,9 % [12].

Artyszak та Gozdowski демонструють, що заміна 30 % мінерального азоту біостимуляторами на основі ризобактерій (PGPR) не знижувала якісних показників зерна озимої пшениці, що свідчить про можливість економії третини азотних добрив [13].

Заець С. та ін. показали, що застосування біологічних систем захисту пшениці озимої підвищувало натуру зерна (до 754 г/л) та масу 1000 зерен (до 37,2 г). [14]. Szpunar-Krok та ін. встановили, що застосування біостимуляторів змінювало хімічний склад зерна озимої пшениці: підвищувався вміст білків, цукрів та амілози, тоді як частка жирних кислот знижувалася, що свідчить про покращення його поживних і технологічних властивостей [15]. Maignan та ін. зазначають, що біостимулятори на основі Glutacetine® підвищують ефективність використання азоту у пшениці озимій, модифікують білковий склад зерна та збільшують доступність заліза, хоча вміст загального білка змінювався залежно від умов вирощування [16].

У оглядовій статті Rouphael Y і Colla G. зазначається, що біостимулятори мають потенціал покращувати якісні ознаки продукції, зокрема склад зерна; однак конкретних даних по вмісту білка чи клейковини в цій публікації не наводиться [17]. Kanatas P. та ін. у огляді показали, що комбіноване застосування біостимуляторів з гербіцидами в окремих дослідженнях корелювало зі зростанням вмісту білка в зерні (до 7,2 %), проте конкретних даних щодо клейковини не наводиться [18]. Застосування мікробних препаратів на основі *Raenibacillus azotofixans*, *Bacillus megaterium* та *Bacillus subtilis* у поєднанні з мінеральним живленням сприяло підвищенню врожайності озимої пшениці завдяки покращенню фотосинтетичної активності рослин, проте істотного впливу на вміст білка в зерні не виявлено [19]. Заміна частини мінерального азоту компостом із застосуванням біостимуляторів призводить до покращення якості зерна пшениці: підвищення вмісту білка, цукрів, макро- та мікроелементів, а також компоненти хімічного складу (зменшення золи,

збільшення вуглеводів) порівняно із чистим мінеральним азотом [20].

Літературні джерела свідчать про неоднозначний вплив біостимуляторів на якісні показники зерна озимої пшениці. Залишається відкритим питання щодо ефективності їх дії в конкретних агроекологічних умовах.

Мета досліджень – оцінити вплив біостимуляторів на якісні характеристики зерна пшениці озимої та визначення можливостей їх застосування у сучасних технологіях вирощування.

Матеріали і методи досліджень. Дослідження проводили протягом 2022–2025 рр. на дослідному полі Полтавського державного аграрного університету, що розташоване у Лівобережному Лісостепу України. Клімат регіону – помірно континентальний, зона недостатнього зволоження. Ґрунтовий покрив представлений чорноземом опідзоленим із вмістом гумусу 3,8–4,0 %. За агрохімічними показниками ґрунт містив 120,3-126,4 мг/кг легкогідролізованого азоту (за Тюрніним і Коновою), 102,5-129,6 мг/кг рухомого фосфору (за Чириковим) і 173,2-198,7 мг/кг обмінного калію (за Масловою). Щільність ґрунту становила 1,06-1,16 г/см³.

Об'єктом наших досліджень були сорти пшениці м'якої озимої: Манжелія (селекції ПДАУ), Богдана (НААН України) та Алтіго (LG Seeds). Метою було оцінка ефективності різних штамів ризобактерій та їхніх комбінацій у підвищенні продуктивності та якості зерна. Дослід закладали за схемою з п'ятьма варіантами застосування біопрепаратів і чотирма повтореннями. Розміщення ділянок – методом неповної рандомізації. Площа ділянки – 13 м², облікової – 10 м². Попередник – чорний пар. Сівбу проводили у третій декаді вересня селекційною сівалкою КЛЕН-1,5 з нормою висіву 5,0 млн. схожих зерен/га та глибиною загортання 3 см. Насіння перед сівбою очищували, калібрували й протруювали препаратом (седаксан 25 г/л + флудиоксоніл 25 г/л + тебуконазол 10 г/л + тіаметоксам 175 г/л).

Збирання врожаю здійснювали прямим комбайнуванням комбайном Samro-130 у фазі повної стиглості при вологості зерна 14 %.

Варіанти досліду: 1. Контроль – без застосування біопрепаратів. 2. *Azotobacter chroococcum* ($1,0 \times 10^9$ КУО/см³) – моноштам із метаболітами (амінокислоти, вітаміни, фітогормони, фунгіцидні речовини). 3. Комплекс азотфіксувальних бактерій (*Azotobacter chroococcum*, *A. vinelandii*, *Azospirillum brasilense*, *A. lipoferum*; $1,0 \times 10^9$ КУО/мл). 4. Спороутворюючі бактерії + *Trichoderma harzianum* (*Bacillus megaterium*, *B. amyloliquefaciens*; $1,0 \times 10^9$ КУО/мл). 5. Комплексний консорціум (*Bacillus velezensis*, *B. subtilis*, *Priestia megaterium*, *Agrobacterium pusense*, *A. salinitolerans*, *Raenibacillus polymyxa*).

Обробку посівів проводили у фазі весняного кущення (ВВСН 22, два бічні пагони) у похмуру погоду крупнокраплинним розпиленням. Норма витрати робочого розчину: 1,0 л/га. Урожайність визначали суцільним методом із облікових ділянок площею 10 м² із подальшим перерахунком у т/га. Якісні показники такі як вміст білка та вміст сирої клейковини визначали методом інфрачервоної спектроскопії.

Натуру зерна визначали літровою пуркою, відповідно до методики, результати наводили з урахуванням стандартної вологості. Обробку результатів здійснювали за допомогою програми Statistica 12.0 та MS Excel.

Виклад основного матеріалу. За час проведення досліджень погодні умови істотно різнилися за температурним режимом і кількістю опадів. Це дало змогу оцінити вплив біопрепаратів на якість зерна пшениці за контрастних рівнів зволоження. У 2023 р. температурний режим був близьким до багаторічного, кількість опадів перевищувала норму на 11 % (226 мм), що забезпечувало сприятливі умови для росту та розвитку рослин, що відобразилось на продуктивності культури. Умови 2024 року характеризувався тривалими посухами, спостерігалася підвищена середньомісячна температура (на 2–3 °С вище норми) та суттєвий дефіцит опадів – 140 мм (69 % від багаторічних показників). У 2025 року погодні умови були відносно помірними, однак квітень та липень характеризувався недостатнім рівнем зволоження (80 % від норми). Найбільш тривалими бездошовими періодами були березневий (19 діб) та квітневий (13 діб), що негативно вплинуло на перебіг фаз розвитку пшениці в критичні періоди: весняне кушення та вихід в трубку. Для встановлення факторів впливу у загальну варіацію показників якості проведено багатofакторний дисперсійний аналіз (Рис. 1). Відповідно до результатів дисперсійного аналізу, фактор «Рік» мав частки впливу 2,7 % для натури, 16 % – для вмісту білка та 5 % – для сирі клейковини.

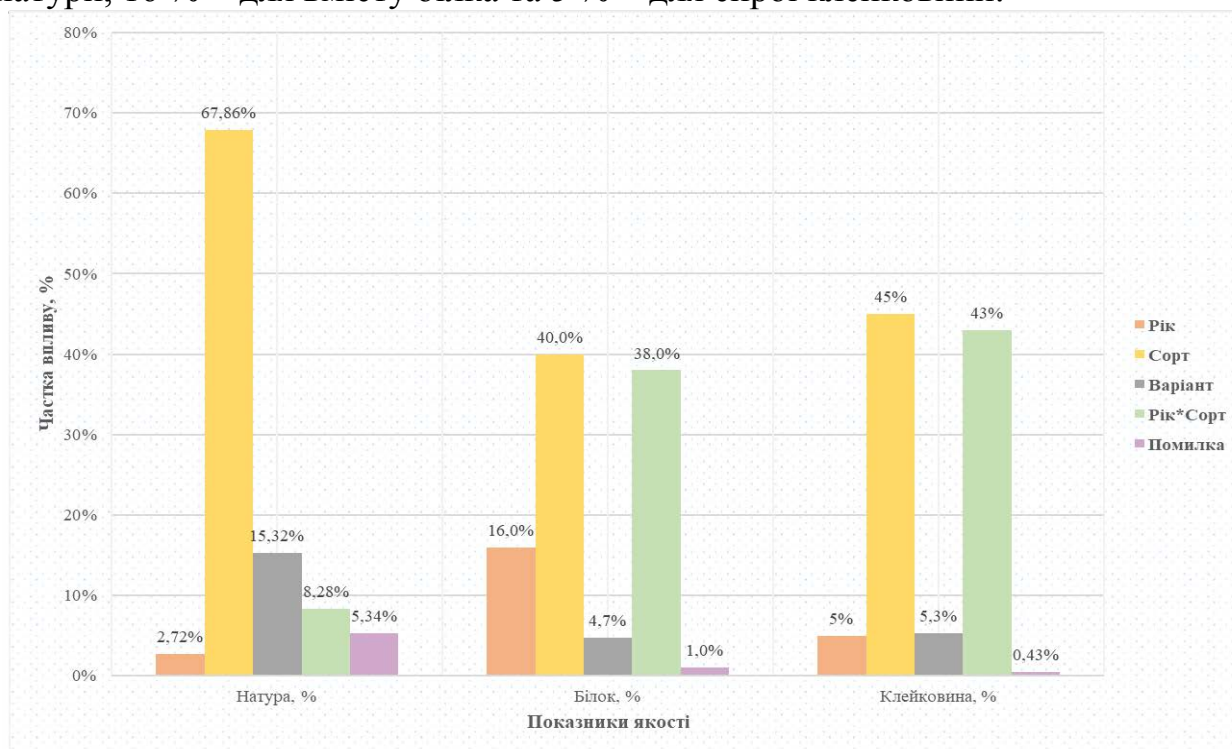


Рис. 1. Частка впливу основних факторів на показники якості зерна пшениці озимої м'якої (за результатами багатofакторного дисперсійного аналізу)

Джерело: сформовано на основі власних досліджень

Такий ефект пояснюється відмінностями агрокліматичних умов у роки проведення досліджень. Водночас вирішального значення цей фактор не мав, однак суттєво визначав варіацію показників якості у поєднанні з біологічними особливостями сорту. Найбільші частки впливу виявлено у фактора «Сорт»: для формування природи зерна – 67,9 %, для вмісту білка – 40 %, а для сирової клейковини – 45 %. Взаємодія факторів «Рік × Сорт» також мала істотний вплив – 38 % на вміст білка та 43 % на вміст клейковини, що свідчить про відмінну реакцію сортів на різні умови року та їх адаптивний потенціал.

Згідно з результатами LSD-аналізу, усі досліджувані біопрепарати забезпечили достовірне зростання урожайності відносно контролю. Між варіантами 2 і 3, а також 4 і 5 достовірної різниці не виявлено, що свідчить про подібний рівень їх дії (Рис. 2).

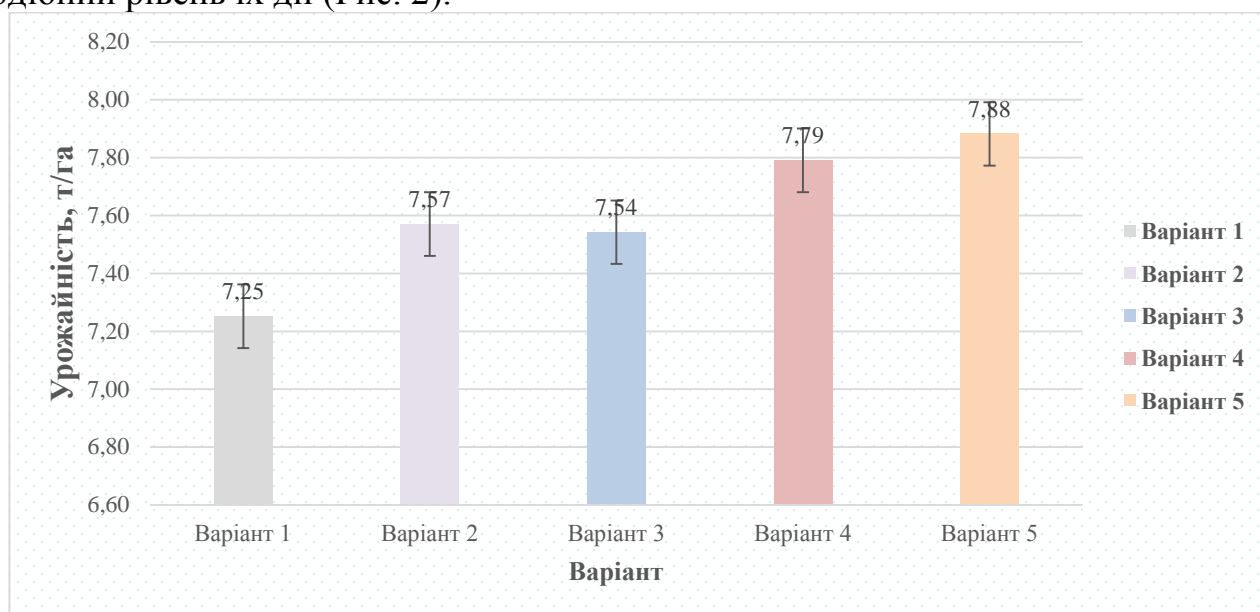


Рис. 2. Середні показники урожайності пшениці озимої за варіантами обробки біопрепаратами (у середньому по трьох сортах)

Джерело: сформовано на основі власних досліджень

Фактор «Варіант обробки» мав помірний вплив на показники якості зерна – 5,3 % для вмісту клейковини, 4,7 % для білка та 15,3 % для природи зерна. Отримані результати свідчать, що застосування біопрепаратів певною мірою впливало на якісні показники, не порушуючи їх стабільності, що можна розглядати як позитивний ефект.

Трирічні дослідження демонструють, що застосування біопрепаратів позитивно впливало на формування якісних показників зерна пшениці озимої у всіх досліджуваних сортів (Табл. 1). У межах кожного сорту обробка посівів у фазу кушення дозволила отримати підвищення природи, вмісту білка і сирової клейковини порівняно з контролем (варіант 1). У сорту Манжелія зафіксовано приріст природи зерна: від 1,5 до 8,4 г/л, вміст білка – 0,2–0,4 %, сирової клейковини – 0,4–0,7 % відносно контролю. Сорт Богдана – зростання природи на 4,3–9,9 г/л, вмісту білка на 0,1–0,4 % та клейковини на 0,1–0,7 %.

Таблиця 1

Вплив обробки біопрепаратами посівів на показники якості зерна пшениці озимої залежно від сорту (середнє за 2023–2025 рр.)

Сорт	Варіант	Натура зерна, г/л	Δ , \pm г/л,	Вміст білка, %	Δ , \pm %,	Вміст клейковини, %	Δ , \pm %
Манжелія	1	772,07		12,27		23,67	
	2	778,42	6,35	12,53	0,27	24,18	0,51
	3	773,60	1,53	12,47	0,20	24,06	0,38
	4	777,20	5,13	12,55	0,28	24,22	0,55
	5	780,43	8,36	12,64	0,38	24,40	0,73
	Середнє:	776,34		12,49		24,11	
Богдана	1	768,94		12,06		23,89	
	2	777,72	8,78	12,24	0,18	24,23	0,35
	3	773,24	4,30	12,12	0,06	24,00	0,11
	4	777,86	8,91	12,28	0,22	24,30	0,42
	5	778,80	9,86	12,43	0,36	24,60	0,72
	Середнє:	775,31		12,23		24,20	
Алтіго	1	773,48		12,60		24,32	
	2	780,75	7,27	12,79	0,18	24,68	0,36
	3	775,74	2,26	12,71	0,11	24,54	0,22
	4	780,68	7,19	12,83	0,23	24,75	0,44
	5	783,11	9,62	12,97	0,37	25,03	0,71
	Середнє:	778,8		12,8		24,7	
НР _{0.05}		3,26		0,07		0,11	

Джерело: сформовано на основі власних досліджень

Найвищі середні показники за три роки досліджень спостерігалися у сорту Алтіго – натура 778,8 г/л, білок 12,8 %, клейковина 24,7 %, що свідчить про кращу адаптивність сорту.

У більшості випадків, різниця між контрольними та дослідними варіантами, де були застосовані біопрепарати перевищувала НР₀₀₅, що підтверджує доцільність застосування біопрепаратів на основі бактерій. Варто зазначити, що суттєвого підвищення класності зерна не спостерігається, прирости не перевищують 0,5% за вмістом білка та 1% за вмістом клейковини.

Характерною закономірністю є зниження якісних показників, зокрема вмісту білка та клейковини, що підтверджено і в наших дослідженнях. Встановлено слабкий від'ємний кореляційний зв'язок між урожайністю та вмістом білка ($r = -0,26$), та помірний від'ємний зв'язок із вмістом сирі клейковини ($r = -0,34$). Водночас застосування біопрепаратів дозволило частково знівелювати прояв цієї залежності, спостерігалось помірне підвищення вмісту білка та сирі клейковини у зерні. Таким чином, біопрепарати проявили балансуєчу дію, забезпечуючи підтримання оптимальних якісних параметрів зерна навіть за умов підвищеної урожайності. Між вмістом білка та сирі клейковини встановлено дуже тісний прямий

кореляційний зв'язок ($r=0,96$), що є свідченням узгодженого формування обох показників (Рис. 3). Тобто, застосування досліджуваних біопрепаратів не змінювало закономірну природу формування якісних показників, а лише сприяло їх оптимізації в межах досліджуваних сортів. Лінійна регресійна залежність ($y = 2,338 + 1,7592 x$) свідчить, що з підвищенням білковості зерна на 1 % вміст клейковини збільшується в середньому на 1,76 %.

Побудовані регресійні моделі підтверджують закономірність зниження якісних показників зерна зі зростанням урожайності (Рис. 4 і 5). Зі збільшенням урожайності на 1 т/га вміст білка зменшується в середньому на 0,28 % ($\approx 2,2$ % відносно середнього рівня), а сирової клейковини на 0,65 % ($\approx 2,7$ % відповідно).

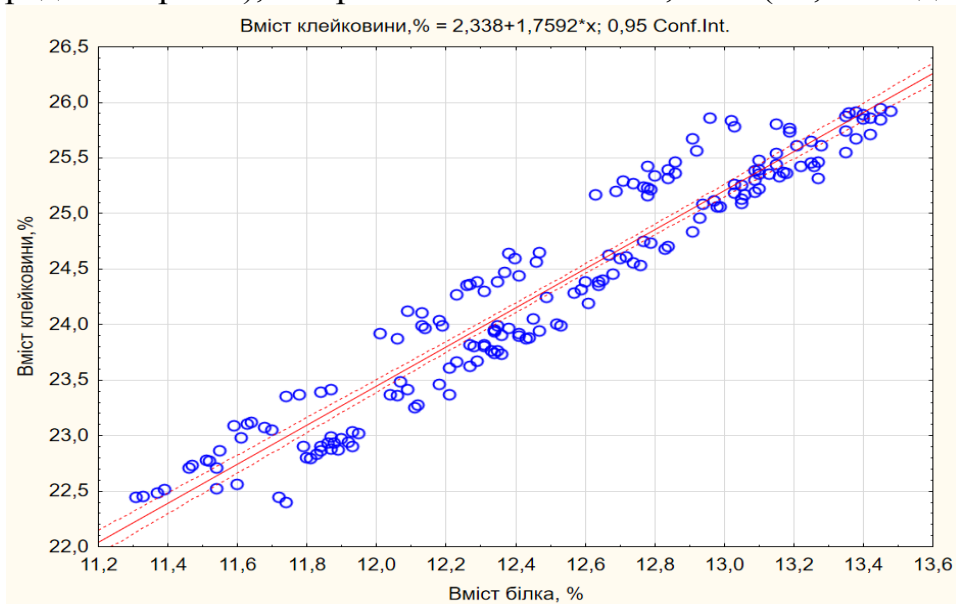


Рис. 3. Взаємозв'язок між вмістом білка та сирової клейковини у зерні пшениці озимої

Джерело: сформовано на основі власних досліджень

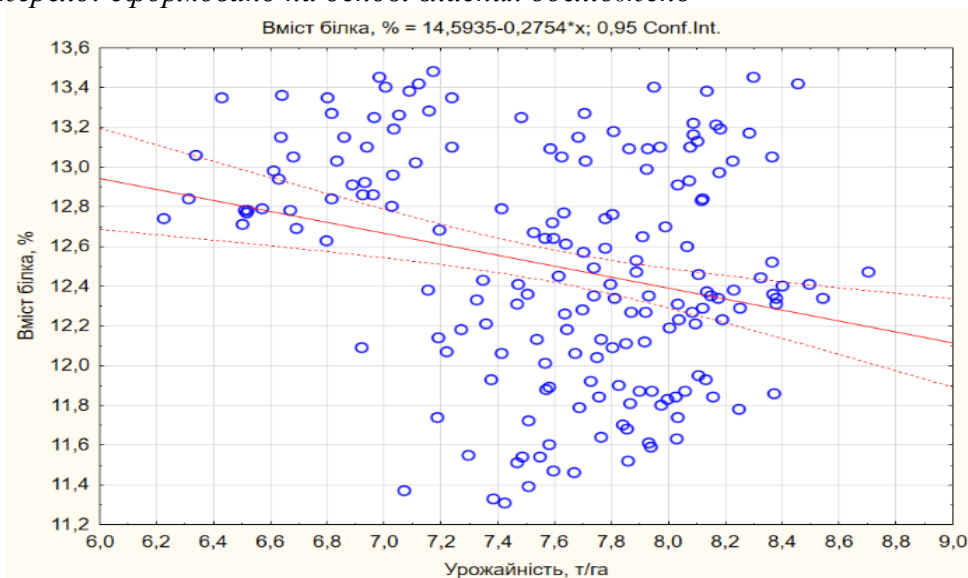


Рис. 4. Взаємозв'язок між урожайністю та вмістом білка зерна пшениці озимої

Джерело: сформовано на основі власних досліджень

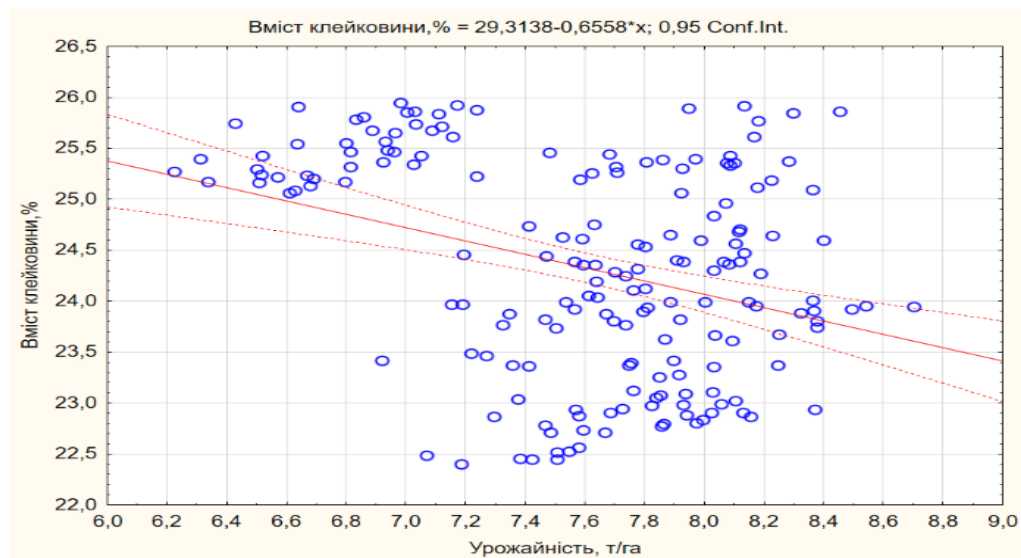


Рис. 5. Взаємозв'язок між урожайністю та вмістом клейковини зерна пшениці озимої

Отже, застосування біопрепаратів сприяло пом'якшенню зворотної залежності між урожайністю та якістю, забезпечуючи стабільний рівень основних якісних показників навіть за підвищення продуктивності.

Висновки і перспективи подальших досліджень. За результатами проведених трирічних досліджень встановлено, що застосування біопрепаратів у фазу весняного куцнення (ВВСН 22) позитивно впливало на якісні показники зерна пшениці озимої. Натура зерна зростала на 5-9 г/л, вміст білка – на 0,2–0,4 %, а сирі клейковини – на 0,4–0,7 % порівняно з контролем. Хоча класність зерна істотно не змінювалася, біопрепарати забезпечували стабільність показників якості.

Регресійний аналіз підтвердив типову для пшениці закономірність – зі збільшенням урожайності знижується вміст білка на 0,28 % і клейковини на 0,65 % на кожному 1 т/га. Водночас між цими показниками виявлено тісний прямий зв'язок ($r = 0,96$), що свідчить про узгоджене формування основних показників якості. Отже, біопрепарати проявили дію збалансування та сприяли підвищенню та збереженню якості зерна без порушення зв'язків між урожайністю та основними показниками якості. Перспективним напрямом досліджень є вивчення дії біопрепаратів на основі бактерій у поєднанні із позакореновими підживленнями, мікроелементами та засобами захисту рослин та оцінка їх здатності підтримувати якість зерна за різних кліматичних умов.

Список використаної літератури

1. ДСТУ 3768:2019. Пшениця. Технічні умови. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019. 16 с.
2. Демидов О.А., Лось Р.М., Дубовик Н.С. Формування показників якості зерна сортів пшениці озимої (*Triticum L.*) залежно від агротехнічних і екологічних чинників. *Агроекологічний журнал*. 2023. № 2. С. 141–149. DOI: 10.33730/2077-4893.2.2023.283706.

3. Havryliuk I., Kovalyshyna H. Characteristics of soft winter wheat varieties by crop structure and grain quality indicators. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*. 2024. Vol. 28, № 4. P. 68–84. DOI: 10.56407/bs.agrarian/4.2024.68. [in English]
4. Заїма О.А., Дергачов О.Л., Сіроштан А.А. та ін. Урожайність та якість зерна озимої пшениці за різних технологій вирощування. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2024. Т. 20, № 1. С. 51–57. DOI: 10.21498/2518-1017.20.1.2024.300136.
5. Augšpole I., Putniece G., Bundžēna G., Sanžarevska R. WinFOLIA flag leaf analysis of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) and evaluation of grain quality indicators. *Engineering for Rural Development*. 2024. Vol. 23. P. 7955–7962. DOI: 10.17770/etr2024vol1.7955.
6. Лісовий М.В., Ніконенко В.М., Карацюба О.В. Вплив мінеральних добрив на якість зерна озимої пшениці на типовому чорноземі Лівобережного Лісостепу. *Agrochemistry and Soil Science*. 2021. № 91. С. 59–63. DOI: 10.31073/acss91-07.
7. Шевчук М.Й., Лукашук Л.Я., Злотенко О.Ю. Вплив співвідношення азоту та калію у системах удобрення на якість зерна озимої пшениці. *Аграрні інновації*. 2024. № 25. DOI:10.32848/agrar.innov.2024.25.16.
8. Lachutta K., Bobrecka-Jamro D., Dziadowiec M. et al. Effect of sowing strategies and spring nitrogen rates on winter wheat grain technological quality. *Agriculture*. 2024. Vol. 14, № 4. P. 552. DOI: 10.3390/agriculture14040552.
9. Кліпакова Н.В., Білоусова З.В., Кенева В.А. Вплив строків внесення азотних добрив на формування якісних показників зерна пшениці озимої. *Аграрні інновації*. 2021. Вип. 8. С. 36–41. DOI: 10.32848/agrar.innov.2021.8.6.
10. Дегодюк С., Мулярчук А. Урожайність і якість зерна пшениці озимої за традиційних та новітніх систем удобрення. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика*. 2023. Вип. 3 (9). С. 37–42. DOI: 10.54651/agri.2023.03.05.
11. Коткова Т.М., Довбиш Л.Л. Вплив позакореневого (фоліарного) підживлення рослин пшениці озимої на урожай і якість зерна. *Український журнал природничих наук*. 2023. № 3. С. 176–185. DOI: 10.32782/naturaljournal.3.2023.176-185.
12. Дубицька А., Качмар О., Дубицький О. та ін. Вплив систем добрив з біостимуляцією та гумусовими добривами на врожайність і якість зерна озимої пшениці. *Foothill and Mountain Agriculture and Stockbreeding*. 2024. Т. 76, № 1. С. 16–25. DOI: 10.32636/01308521.2024-(76)-1-2.
13. Artyszak A., Gozdowski D. Is it possible to maintain the quantity and quality of winter wheat grain by replacing part of the mineral nitrogen dose by growth activators and plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR). *Sustainability*. 2021. Vol. 13, № 11. P. 5834. DOI: 10.3390/su13115834.
14. Заєць С.О., Онуфран Л.І., Юзюк С.М. Вплив різних систем біологічного захисту рослин на врожайність та якість зерна пшениці озимої в органічному землеробстві. *Аграрні інновації*. 2024. № 23. С.75–82. DOI:10.32848/agrar.innov.2024.23.11.

15. Szpunar-Krok E., Depciuch J., Drygaś B., Kula-Maximenko M., Baran M., Hermanowicz J. The effect of biostimulants with antifungal activity on the chemical composition of winter wheat grain. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022. Vol. 19, № 20. P. 12998. DOI: 10.3390/ijerph192012998. [in English].
16. Maignan V., Clement C., Barka E. A., Beligni M.V., Deleu C., Farcy E. Biostimulant effects of Glutacetine® and its derived formulations mixed with N fertilizer on post-heading N uptake and remobilization, seed yield, and grain quality in winter wheat. *Frontiers in Plant Science*. 2020. Vol. 11. P. 607–615. DOI: 10.3389/fpls.2020.607615.
17. Roupheal Y., Colla G. Biostimulants in agriculture (editorial article). *Frontiers in Plant Science*. 2020. Vol. 11. DOI:10.3389/fpls.2020.00040.
18. Kanatas P., Travlos I., Gazoulis I., Antonopoulos N., Papastylianou P., Bilalis D. Biostimulants and herbicides: A promising approach. *Agronomy*. 2022. Vol. 12, № 12. P. 3205. DOI: 10.3390/agronomy12123205.
19. Stępień A., Wojtkowiak K., Kolankowska E. Effect of commercial microbial preparations containing *Paenibacillus azotofixans*, *Bacillus megaterium* and *Bacillus subtilis* on the yield and photosynthesis of winter wheat and the nitrogen and phosphorus content in the soil. *Applied Sciences*. 2022. Vol. 12, № 24. P. 12541. DOI: 10.3390/app122412541.
20. Abbas M., Abdel-Lattif H., Badawy R., Abd El-Wahab M., Shahba M. Compost and biostimulants versus mineral nitrogen on productivity and grain quality of two wheat cultivars. *Agriculture*. 2022. Vol. 12, № 5. P. 699. DOI: 10.3390/agriculture12050699.

Список використаної літератури у транслітерації / References

1. DSTU 3768:2019. (2019). *Pshenytsia. Tekhnichni umovy [Wheat. Technical conditions]*. Kyiv: DP “UkrNDNTs”. [in Ukrainian].
2. Demydov O. A., Los R.M., Dubovyk N.S. (2023). Formuvannia pokaznykiv yakosti zerna sortiv pshenytsi ozymoi (*Triticum L.*) zalezho vid ahrotekhnichnykh i ekolohichnykh chynnykiv [*Formation of quality indicators of winter wheat grain (Triticum L.) depending on agrotechnical and environmental factors*]. *Agroekologichni Zhurnal – Agroecological journal*, № 2. 141–149. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2023.283706>. [in Ukrainian].
3. Havryliuk I., Kovalyshyna H. (2024). Characteristics of soft winter wheat varieties by crop structure and grain quality indicators. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*, Vol. 28 (4), 68–84. DOI: <https://doi.org/10.56407/bs.agrarian/4.2024.68> [in English].
4. Zaima O.A., Derhachov O.L., Siroshtan A.A. (2024). *Urozhainist ta yakist zerna ozymoi pshenytsi za riznykh tekhnolohii vyroshchuvannia – Yield and grain quality of winter wheat under different cultivation technologies*. *Plant Varieties Studying and Protection*, Vol. 20 (1). P. 51–57. DOI:<https://doi.org/10.21498/2518-1017.20.1.2024.300136> [in Ukrainian].

5. Augšpole I., Putniece G., Bundžēna G., Sanžarevska R. (2024). WinFOLIA flag leaf analysis of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) and evaluation of grain quality indicators. *Engineering for Rural Development*, Vol. 23. P. 7955–7962. DOI: <https://doi.org/10.17770/etr2024vol1.7955>. [in English].
6. Lisovyi M.V., Nikonenko V.M., Karatsiuba O.V. (2021). Vplyv mineralnykh dobryv na yakist zerna ozymoi pshenytsi na typovomu chornozemi Livoberezhnoho Lisostepu [*Influence of mineral fertilizers on winter wheat grain quality in typical chernozem of the Left-Bank Forest-Steppe*]. *Agrochemistry and Soil Science*, № 91. 59–63. DOI: <https://doi.org/10.31073/acss91-07>.
7. Shevchuk M.Y., Lukashchuk L.Y., Zlotenko O.Y. (2024). Vplyv spivvidnoshennia azotu ta kaliuu u systemakh udobrennia na yakist zerna ozymoi pshenytsi [*Influence of nitrogen-to-potassium ratio in fertilization systems on the quality of winter wheat grain*]. *Ahrarni innovatsii – Agrarian Innovations*. № 25. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.25.16>
8. Lachutta K., Bobrecka-Jamro D., & Dziadowiec M. (2024). Effect of sowing strategies and spring nitrogen rates on winter wheat grain technological quality. *Agriculture*, Vol. 14. № 4, P. 552. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture14040552> [in English].
9. Klipakova N.V., Bilousova Z.V., Keneva V.A. (2021). Effect of nitrogen fertilization timing on the formation of winter wheat grain quality indicators [*Vplyv strokiv vnesennia azotnykh dobryv na formuvannia yakisnykh pokaznykiv zerna pshenytsi ozymoi*]. *Ahrarni Innovatsii – Agrarian Innovations*], Issue 8. 36–41. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.8.6> [in Ukrainian].
10. Dehodiuk S., Muliarchuk A. (2023). Urozhainist i yakist zerna pshenytsi ozymoi za tradytsiinykh ta novitnykh system udobrennia [*Yield and quality of winter wheat grain under traditional and innovative fertilization systems*]. *Zemlerobstvo ta Roslynnystvo: Teoriia i Praktyka – Agriculture and Crop Production: Theory and Practice*], Issue 3 (9), 37–42. DOI: <https://doi.org/10.54651/agri.2023.03.05>.
11. Kotkova T.M., Dovbysh L.L. (2023). Vplyv pozakorenevoho (foliarnoho) pidzhyvlennia roslyn pshenytsi ozymoi na urozhai i yakist zerna [*Effect of foliar feeding of winter wheat plants on yield and grain quality*]. *Ukrainskyi Zhurnal Pryrodnychkykh Nauk – Ukrainian Journal of Natural Sciences*, № 3. 176–185. DOI: <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.3.2023.176-185>.
12. Dubytska A., Kachmar O., Dubytskyi O. (2024). Vplyv system dobryv z biostymuliatsiieiu ta humusovymy dobryvamy na vrozhainist i yakist zerna ozymoi pshenytsi [*Effect of fertilizer systems with biostimulation and humic fertilizers on yield and quality of winter wheat grain*]. *Foothill and Mountain Agriculture and Stockbreeding*, Vol. 76, № 1. 16–25. DOI: [https://doi.org/10.32636/01308521.2024-\(76\)-1-2](https://doi.org/10.32636/01308521.2024-(76)-1-2). [in Ukrainian].
13. Artyszak A., Gozdowski D. (2021). Is it possible to maintain the quantity and quality of winter wheat grain by replacing part of the mineral nitrogen dose by growth activators and plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR)? *Sustainability*, Vol. 13, № 11. 5834. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13115834>. [in English].

14. Zaiets S.O., Onufran L.I., Yuziuk S.M. (2024). Influence of different biological plant protection systems on yield and quality of winter wheat grain under organic farming conditions [Vplyv riznykh system biolohichnoho zakhystu roslyn na vrozhainist ta yakist zerna pshenytsi ozymoi v orhanichnomu zemlerobstvi]. *Ahrarni Innovatsii – Agrarian Innovations*. № 23. 75–82. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.23.11>. [in Ukrainian].

15. Szpunar-Krok, E., Depciuch J., Drygaś B., Kula-Maximenko M., Baran M., Hermanowicz J. (2022). The effect of biostimulants with antifungal activity on the chemical composition of winter wheat grain. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, Vol. 19. № 20, P. 12998. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph192012998> [in English].

16. Maignan V., Clement C., Barka E.A., Beligni M.V., Deleu C., Farcy E. (2020). Biostimulant effects of Glutacetine® and its derived formulations mixed with N fertilizer on post-heading N uptake and remobilization, seed yield, and grain quality in winter wheat. *Frontiers in Plant Science*, Vol. 11. P. 607–615. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.607615> [in English].

17. Rouphael Y., Colla G. (2020). Biostimulants in agriculture (editorial article). *Frontiers in Plant Science*, 11. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00040> [in English].

18. Kanatas P., Travlos I., Gazoulis I., Antonopoulos N., Papastylianou P., Bilalis D. (2022). Biostimulants and herbicides: A promising approach. *Agronomy*, Vol. 12, № 12. P. 3205. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy12123205>. [in English].

19. Stępień A., Wojtkowiak K., Kolankowska E. (2022). Effect of commercial microbial preparations containing *Paenibacillus azotofixans*, *Bacillus megaterium* and *Bacillus subtilis* on the yield and photosynthesis of winter wheat and the nitrogen and phosphorus content in the soil. *Applied Sciences*, Vol. 12, № 24. P. 12541. DOI: <https://doi.org/10.3390/app122412541>. [in English].

20. Abbas M., Abdel-Lattif H., Badawy R., Abd El-Wahab M., Shahba M. (2022). Compost and biostimulants versus mineral nitrogen on productivity and grain quality of two wheat cultivars. *Agriculture*, Vol. 12, № 5. P. 699. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture12050699> [in English].

ANNOTATION

FORMATION OF GRAIN QUALITY INDICATORS OF SOFT WINTER WHEAT DEPENDING ON CULTIVAR CHARACTERISTICS AND THE EFFECT OF RHIZOBACTERIAL-BASED BIOSTIMULANTS

The article presents the results of a three-year study aimed at determining the effect of rhizobacteria-based biostimulants on the formation of grain quality indicators in soft winter wheat. The research was carried out on three cultivars: *Manzhelia*, *Bohdana* and *Altigo*, under the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. The agroclimatic conditions of the study period and the agrochemical characteristics of the soil are described. The effectiveness of four biopreparations differing in their composition is evaluated. It was established that the application of bacterial preparations at the spring tillering stage (BBCH 22) contributed to an increase in test

weight, grain protein content and wet gluten content compared with the control within the studied cultivars. Satisfactory results were obtained in increasing test weight by 5–9 g/L, protein content by 0.2–0.4%, and wet gluten content by 0.4–0.7%. According to the results of multifactor ANOVA, the important role of the cultivar factor was determined, and an interaction between the climatic conditions of the year and the cultivar was established, indicating the genotypic response to weather conditions.

Correlation and regression models were constructed, confirming the presence of an inverse relationship between key quality parameters and yield. At the same time, partial mitigation of this relationship due to the action of the biopreparations was recorded. The generalization of the data made it possible to identify several stable trends that confirm the consistency of the crop response to the applied biopreparations. The identified effect indicates their potential to increase crop adaptability to variable weather conditions, which is important under current climatic fluctuations. The obtained results confirm the feasibility of using rhizobacteria-based biopreparations as a means of maintaining key grain quality indicators of wheat under variable agroclimatic conditions and cultivar characteristics. The research data may serve as a basis for improving adaptive cultivation technologies and as a component of biologized fertilization systems.

Keywords: winter wheat, biopreparations, grain quality, protein, gluten, test weight, yield, correlation analysis.

Table 1. Fig. 5. Lit. 20.

Інформація про авторів

Палазюк Богдан Олександрович, здобувач наукового ступеня доктора філософії, завідувач навчально-наукової лабораторії технологій захищеного ґрунту, (Полтавський державний аграрний університет, вул. Сковороди, 1/3, м. Полтава, 36003, Україна, e-mail: bohdan.palaziuk@pdau.edu.ua, <https://orcid.org/0009-0006-4525-5826>).

Юрченко Світлана Олександрівна, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, завідувач кафедри селекції, насінництва і генетики, (Полтавський державний аграрний університет, вул. Сковороди, 1/3, м. Полтава, 36003, Україна, e-mail: svitlana.iurchenko@pdau.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0002-5812-3877>).

Palazyuk Bohdan Oleksandrovych, PhD candidate, head of the educational and scientific laboratory of protected soil technologies, (Poltava State Agrarian University, 1/3 Skovorody St., Poltava, 36003, Ukraine, e-mail: bohdan.palaziuk@pdau.edu.ua, <https://orcid.org/0009-0006-4525-5826>).

Yurchenko Svitlana Oleksandrivna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Breeding, Seed Production and Genetics, (Poltava State Agrarian University, 1/3 Skovorody St., Poltava, 36003, Ukraine, e-mail: svitlana.iurchenko@pdau.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0002-5812-3877>).

Надходження статті 20.10.25.

Прийнято 19.11.25.

Опубліковано 25.12.25.