

УДК 633.11.1:631.53:632.4
DOI 10.37000/abbsl.2026.120.20

Богдан Лозінський,

здобувач ступеня доктора філософії

Білоцерківський національний аграрний університет, Біла Церква, Україна

ORCID 0009-0003-2068-0525

email lozinskata@ukr.net

Микола Грабовський,

доктор с.-г. наук, професор

Білоцерківський національний аграрний університет, Біла Церква, Україна

ORCID 0000-0002-8494-7896

email nikgr1977@gmail.com

ФОРМУВАННЯ ДОВЖИНИ ГОЛОВНОГО КОЛОСА ПШЕНИЦІ ЯРОЇ М'ЯКОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ПОЗАКОРЕНЕВИХ ПІДЖИВЛЕНЬ ТА ФУНГІЦИДІВ У ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Анотація

У статті наведено результати досліджень впливу позакоренових підживлень і фунгіцидного захисту на формування довжини головного колоса пшениці м'якої ярої в умовах Правобережного Лісостепу України. Дослідження проводили у 2024–2025 рр. на дослідному полі Білоцерківського національного аграрного університету за двофакторною схемою: фактор А – сорти Оксамит миронівський і Дубравка, фактор В – системи позакоренового застосування фунгіцидів та добрив. Встановлено, що гідротермічні умови років досліджень характеризувалися нерівномірним розподілом опадів, чергуванням періодів надмірного та недостатнього зволоження і підвищеними температурами повітря, що істотно впливало на формування довжини головного колоса.

Виявлено, що найменші показники довжини колоса сформувалися на контрольних варіантах (8,21–8,39 см). Застосування фунгіцидів Амістар Екстра 280 SC та Елатус Ріа 358 SC у поєднанні з карбамідом і $MgSO_4$ збільшувало довжину головного колоса до 8,87–8,96 см, а додавання добрива Нутривант Плюс Зерновий забезпечувало її подальше зростання. Максимальні значення отримано за комплексного застосування фунгіцидів і позакоренових підживлень у фази BBCH 21 та BBCH 39 – 9,07–9,10 см у сорту Оксамит миронівський та 8,77–8,80 см у сорту Дубравка. Встановлено, що сорт Оксамит миронівський характеризувався стабільно більшою довжиною головного колоса та меншою мінливістю показника за різних погодних умов.

Дисперсійний аналіз засвідчив, що у 2024 р. визначальний вплив на формування довжини головного колоса мав агротехнологічний фактор (71,11 %), тоді як у 2025 р. його частка становила 55,78 %, а внесок сортових особливостей зріс до 29,45 %. Водночас взаємодія факторів збільшилася до 3,87 %, що свідчить про посилення ролі поєднання генетичних особливостей сортів із технологічними заходами за менш сприятливих умов вирощування.

Отримані результати підтверджують, що комплексне застосування фунгіцидного захисту та позакоренового підживлення є ефективним елементом технології вирощування пшениці м'якої ярої, забезпечує стабільніше формування довжини головного колоса та сприяє

ефективнішій реалізації продуктивного потенціалу сучасних сортів в умовах кліматичних змін.

Ключові слова: *пшениця яра м'яка, довжина колоса, агротехнологічні чинники, позакореневі підживлення, фунгіциди, мікродобрива, макродобрива*

Вступ. Сучасний етап розвитку аграрної науки в Україні відбувається в умовах глобальних кліматичних змін, що супроводжуються істотним підвищенням середньорічних температур, тривалими повітряно-ґрунтовими посухами та нерівномірним розподілом опадів у весняно-літній період. У таких гідротермічних реаліях особливого значення набуває вирощування пшениці ярої м'якої (*Triticum aestivum* L.), яка є важливою страховою та продовольчою культурою, проте гостро реагує на дефіцит вологи на ранніх етапах органогенезу. Вона є найбільш розповсюдженою зерновою культурою, займаючи 90-95 % світового виробництва [1].

Пшениця яра за показниками якості не поступається озимій. Більше того, впровадження нових сортів сильних ярих пшениць забезпечує отримання зерна з вищими якісними характеристиками порівняно з озимими сортами за однакових ґрунтово кліматичних умов вирощування [2]. Для розуміння механізмів адаптації культури науковці обґрунтовують глобальні кліматичні виклики та генетичні стратегії реакцією пшениці на посуху, тепло та CO₂ [3] та пропонують інноваційні підходи до селекції сортів, адаптованих до кліматичних викликів [4].

Дослідження продуктивності та стабільності нових сортів пшениці в умовах Степу, Лісостепу та Полісся України демонструє адаптивність сортів до різних гідротермічних умов, що особливо актуально для посушливих регіонів [5]. Одним із головних завдань сучасної селекції та рослинництва є підвищення генетичного потенціалу врожайності пшениці ярої шляхом оптимізації архітекtonіки рослин та їх донорно-акцепторних систем, що підтверджується новітніми дослідженнями закордонних вчених. Цей стратегічний напрям особливо актуальний для України в умовах кліматичних змін [6].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Базовим структурним елементом, що визначає продуктивність окремої рослини, є головний колос, оскільки саме він формує основну частку зернової маси та відображає потенціал врожайності. Він є базовим структурним елементом продуктивності пшениці, а зміна його довжини через селекцію та агротехнічні прийоми є важливим напрямом у рослинництві [7]. Доведено, що колос є центральним органом у формуванні врожайності, оскільки регулює накопичення та розподіл асимілянтів [8] і їх вплив на врожайність культури [9].

Отже, головний колос є базовим структурним елементом продуктивності пшениці, що підтверджується сучасними молекулярними та фізіологічними дослідженнями. Його розвиток і архітекtonіка залишаються ключовим об'єктом селекції для підвищення врожайності. Його лінійні параметри, зокрема довжина, безпосередньо впливають на просторове розміщення елементів продуктивності, а у подальшому й на озерненість та масу зерна з колоса, що підтверджено

сучасними вітчизняними дослідженнями. Встановлено, що довжина колоса залежить від генотипу та умов року вирощування та виявлено кореляцію між довжиною колоса та озерненістю [10]. У селекції пшениці ярої м'якої перспективним вважають добір рослин за довжиною колоса. Розміри колоса є важливою ознакою в селекції на продуктивність [11].

Під час селекційних досліджень з пшеницею м'якою ярою встановлено, що довжина колоса у батьківських форм варіювала 8,8–11,3 см та встановлено прямий вплив довжини на кількість зерен та масу зерна з колоса [12]. При доборах за довжиною колоса пшениці озимої м'якої науковці пропонують враховувати щільність колоса [13]. Також встановлено, що показники довжини колоса та кількості колосків у ньому визначали врожайність і масу 1000 зерен та виявлено значний вплив генотипу та агротехнічних умов на формування продуктивності [14]. Оптимізація систем удобрення підвищує продуктивність колоса [15].

Довжина головного колоса є складною кількісною ознакою, фенотиповий прояв якої контролюється полігенно і суттєво залежить від взаємодії чинників «генотип–середовище». У вітчизняній селекційній практиці вивченню цієї ознаки приділяється значна увага. Дослідженнями провідних установ, зокрема Миронівського інституту пшениці імені В.М. Ремесла НААН, доведено, що для умов Лісостепу України необхідний постійний скринінг наявного генофонду з метою виділення джерел із високою стабільністю лінійних розмірів колоса, оскільки цей показник часто лімітується стресовими чинниками довкілля [16]. Разом із тим, у науковій літературі триває дискусія щодо кореляційного зв'язку між довжиною колоса та кінцевою врожайністю, оскільки за умов посухи довгий, але пухкий колос може поступатися за продуктивністю щільнішим коротшим аналогам, що вимагає вивчення не лише довжини, а й збалансованості елементів структури врожаю [17].

У світовій науковій практиці акцент змістився на вивчення генетичної архітектури колоса та ідентифікацію локусів кількісних ознак (QTL). Зарубіжні дослідники розглядають морфологію колоса як ключовий фактор оптимізації продуктивності, оскільки оптимальна довжина осі дозволяє пропорційно збільшити кількість зерен без критичного підвищення щільності колоса, що додатково знижує ризик ураження патогенами, зокрема фузаріозом (*Fusarium head blight*) [18]. Сучасні генетичні дослідження із застосуванням повногеномного пошуку асоціацій (GWAS) дозволили картувати ключові локуси, що відповідають за лінійні розміри колоса. Зокрема, встановлено наявність стабільного локусу QSl/Sc.cib-2D.1 на хромосомі 2DS, який взаємодіє з геном короткостебловості Rht8 і визначає баланс між довжиною та компактністю колоса [19]. Крім того, виявлено значущий локус qSl-2B, експресія та адитивні ефекти якого інтегруються з іншими хромосомними регіонами (qSl-2D, qSl-5A), демонструючи високу пластичність залежно від умов мінерального, зокрема азотного, живлення [19].

Необхідність комплексного оцінювання довжини головного колоса у сучасних сортів пшениці м'якої ярої зумовлена потребою виробництва у високопродуктивних і водночас екологічно пластичних генотипах. Визначення норми реакції сучасних сортів вітчизняної та зарубіжної селекції за цією ознакою в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах дозволить виділити цінний вихідний матеріал для селекційних програм [20]. Окрім того, встановлення закономірностей мінливості лінійних параметрів колоса під впливом гідротермічних чинників року є теоретичною основою для оптимізації технологічних заходів вирощування, спрямованих на максимальну реалізацію біологічного потенціалу сучасних сортів.

Необхідність комплексного оцінювання довжини головного колоса у сучасних сортів пшениці м'якої ярої зумовлена потребою виробництва у високопродуктивних і водночас екологічно пластичних генотипах. Визначення норми реакції сучасних сортів за цією ознакою в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах дозволить виділити цінний вихідний матеріал для селекційних програм [21, 22].

Окрім того, встановлення закономірностей мінливості лінійних параметрів колоса під впливом гідротермічних чинників року є теоретичною основою для оптимізації технологічних заходів вирощування, спрямованих на максимальну реалізацію біологічного потенціалу сучасних сортів. Довжина колоса позитивно корелює з надземною біомасою, індексом врожаю й врожайністю [23].

Довжина колоса пшениці ярої безпосередньо залежить від температурного режиму, кількості опадів (вологозабезпеченості) та часу настання критичних фаз вегетації. Показник довжини головного колоса помітно коливається за роками вирощування у сприятливі за вологою та помірно теплі роки він сягає 8,6–10,6 см, тоді як у посушливі чи стресові періоди скорочується до 7,0–7,9 см. [24].

Встановлено, що використання інтенсивних технологій вирощування здатне частково нівелювати несприятливий вплив погодних факторів на формування окремих елементів продуктивності, зокрема довжину головного колоса [25].

Отже, довжина головного колоса є одним із ключових морфологічних показників, який визначає реалізацію потенціалу продуктивності пшениці ярої м'якої та істотно залежить від взаємодії генотипу, погодних умов і технологічних заходів вирощування. Водночас питання впливу позакореневих підживлень і фунгіцидного захисту на формування цієї ознаки в сучасних сортів в умовах Правобережного Лісостепу України залишається недостатньо дослідженим. Тому проведення таких досліджень є актуальним як з наукової, так і з практичної точки зору, оскільки їх результати сприятимуть удосконаленню елементів технології вирощування, підвищенню адаптивності рослин та реалізації їх продуктивного потенціалу в умовах кліматичних змін.

Метою дослідження було встановлення особливостей формування довжини головного колоса пшениці ярої залежно від застосування

позакореневих підживлень та фунгіцидів в умовах Правобережного Лісостепу України.

Матеріал та методика. Польові дослідження проводили у 2024–2025 роках на дослідному полі навчально виробничого центру Білоцерківського національного аграрного університету, що розташований у Правобережному Лісостепу України. Ґрунт ділянки представлений типовим глибоким малогумусним чорноземом крупнопилувато легкосуглинкової текстури на лесі. Перед закладанням дослідів орний шар (0–20 см) характеризувався такими агрохімічними показниками: вміст гумусу 3,15 % (метод Тюріна) [26], рН сольової витяжки – 6,20 (потенціометричний метод) [27], гідролітична кислотність – 2,27 мг екв/100 г ґрунту (метод Каппена) [28], вміст лужногідролізованого азоту – 98 мг/кг (метод Корнфілда) [29], рухомого фосфору – 106 мг/кг та обмінного калію – 88 мг/кг (метод Чирікова) [30]. Загалом ґрунт нейтральний за реакцією, малозабезпечений доступними формами азоту, добре забезпечений рухомим фосфором і середньо забезпечений калієм.

Дослідження виконували за двофакторною схемою: фактор А – сорти пшениці м'якої ярої Оксамит миронівський та Дубравка, фактор В – позакореневе застосування фунгіцидів і добрив. 1. Без застосування (контроль) – обприскування водою у фазі кущення (ВВСН 21–23); 2. Амістар Екстра 280 SC (0,6 л/га) + сечовина (карбамід, $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) (7 кг/га) + сульфат магнію (MgSO_4) (1 кг/га) у фазі кущення (ВВСН 21–23); 3. Елатус Ріа 358 SC (0,5 л/га) + сечовина (карбамід, $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) (7 кг/га) + сульфат магнію (MgSO_4) (1 кг/га) у фазі кущення (ВВСН 21–23); 4. Амістар Екстра 280 SC (0,6 л/га) + Нутривант Плюс Зерновий (2 кг/га) у фазі кущення (ВВСН 21–23); 5. Елатус Ріа 358 SC (0,5 л/га) + Нутривант Плюс Зерновий (2 кг/га) у фазі кущення (ВВСН 21–23); 6. Без застосування (контроль) – обприскування водою у фазі кущення (ВВСН 21–23) і повторне у фазі формування і розвитку колоса (ВВСН 41–45); 7. Амістар Екстра 280 SC (0,6 л/га) + сечовина (карбамід, $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) (7 кг/га) + сульфат магнію (MgSO_4) (1 кг/га) у фазі кущення (ВВСН 21–23) та фазі формування і розвитку колоса (ВВСН 41–45); 8. Елатус Ріа 358 SC (0,5 л/га) + сечовина (карбамід, $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) (7 кг/га) + сульфат магнію (MgSO_4) (1 кг/га) у фазі кущення (ВВСН 21–23) та фазі формування і розвитку колоса (ВВСН 41–45); 9. Амістар Екстра 280 SC (0,6 л/га) + сечовина (карбамід, $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) (7 кг/га) + сульфат магнію (MgSO_4) (1 кг/га) + Нутривант Плюс Зерновий (2 кг/га) у фазі кущення (ВВСН 21–23) та фазі формування і розвитку колоса (ВВСН 41–45); 10. Елатус Ріа 358 SC (0,5 л/га) + сечовина (карбамід, $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) (7 кг/га) + сульфат магнію (MgSO_4) (1 кг/га) + Нутривант Плюс Зерновий (2 кг/га) у фазі кущення (ВВСН 21–23) та фазі формування і розвитку колоса (ВВСН 41–45).

У всіх варіантах дослідів, включно з контролем, під час передпосівної культивування застосовували мінеральні добрива: аміачну селітру (NH_4NO_3) у дозі N_{35} та нітроамофоску марки NPK 17:17:17 у нормі 1 ц/га. Насіння пшениці протруювали препаратом «Селест Макс 165 FS» із нормою витрати 2 л/т зерна. Попередником культури була кукурудза на зерно. Варіанти дослідів розміщували

рендомізовано, систематично, у триразовій повторності. Площа ділянки становила 30 м², облікова – 24 м². Дослідження проводили відповідно до методичних рекомендацій [31]. Довжину колоса вираховували за середнім зразком із 25 рослин у триразовій повторності [32].

Агротехнічні прийоми вирощування пшениці м'якої ярої відповідали загальноприйнятим для умов Лісостепу України, за винятком факторів, що були предметом дослідження. Сівбу здійснювали сівалкою «Клен 1,5» з нормою висіву 5 млн схожих зерен на гектар у такі строки: 26 березня 2024 р. та 19 березня 2025 р. Позакореневе внесення фунгіцидів «Амістар Екстра 280 SC» (0,6 л/га), «Елатус Ріа 358 SC» (0,5 л/га), карбаміду (7 кг/га), сульфату магнію (1 кг/га) та «Нутриванту Плюс Зернового» (2 кг/га) проводили у фазі кущення (ВВСН 21–23) – варіанти 2–5. У варіантах 7–10 перше позакореневе підживлення здійснювали у фазі кущення (ВВСН 21–23), а повторне – у фазі формування та розвитку колоса (ВВСН 41–45).

Виклад основного матеріалу дослідження. Метеорологічні умови за вегетаційний період пшениці м'якої ярої у 2024–2025 рр. відображають динаміку кількості опадів та середньомісячної температури повітря впродовж зимово-весняного періоду, що охоплює етапи формування та розвитку рослин (табл.1).

У зимові місяці спостерігалися значні коливання показників. У 2024 р. кількість опадів була близькою до багаторічної норми, тоді як у 2025 р. – істотно нижчою. Температура повітря у 2024 р. переважно перевищувала середні багаторічні значення, що свідчить про м'яку зиму, тоді як у 2025 р. відзначено короткочасні періоди похолодання.

У березні–квітні погодні умови були контрастними. У 2024 р. спостерігалися інтенсивні опади у другій декаді березня та квітня, що сприяло накопиченню вологи в ґрунті, тоді як у 2025 р. кількість опадів була мінімальною. Температурний режим у цей період залишався вищим за середні багаторічні показники, що забезпечувало швидке проростання та розвиток рослин.

У травні відзначено підвищення температури до 14–19 °С у 2024 р. та 11–17 °С у 2025 р., що створювало сприятливі умови для формування колоса. Опади у травні 2025 р. перевищували середні багаторічні значення, тоді як у 2024 р. їх кількість була незначною.

За результатами проведених досліджень встановлено, що погодні умови 2024–2025 рр. характеризувалися чергуванням періодів надмірного та недостатнього вологозабезпечення, нерівномірним розподілом атмосферних опадів і підвищеними середньомісячними температурами повітря порівняно з багаторічними середніми значеннями. Сукупна дія цих чинників створювала контрастні умови вегетації, що могло істотно впливати на інтенсивність ростових процесів і формування елементів продуктивності пшениці ярої м'якої. Дефіцит вологи в березні–квітні, який спостерігався у 2025 р., ймовірно, обмежував інтенсивність ростових процесів у критичні фази органогенезу, що

могло сприяти зменшенню довжини головного колоса. Водночас нерівномірний розподіл опадів із чергуванням посушливих періодів та інтенсивних злив створював неоднорідні умови вологозабезпечення рослин, що могло зумовлювати асинхронність їх розвитку та підвищувати варіабельність показників довжини колоса.

Таблиця 1

**Динаміка опадів та температури повітря під час вирощування пшениці
ярої (2024–2025 рр.)**

Місяць	Декада	Опади, мм			Температура повітря, °С		
		2024 р.	2025 р.	середні багаторічні	2024 р.	2025 р.	середні багаторічні
Грудень		46*	55**	44	0,5*	0,0**	0,4
Січень		40	15	35	-2,2	2,0	-5,9
Лютий		39	3	33	3,3	-3,8	-4,4
Березень	I	0,0	0,0	9	2,4	6,3	-2,0
	II	43,8	18	9	2,2	6,2	-0,3
	III	6,2	7	12	8,3	7,8	3,1
Квітень	I	5,3	23	14	14,1	4,8	7,0
	II	39,8	5	17	11,6	11,4	7,8
	III	32,9	0,0	16	11,5	14,4	10,4
Травень	I	0,8	17	16	14,8	11,6	13,5
	II	0,0	23	12	12,9	10,6	15,3
	III	11,8	44	18	19,4	16,7	15,8

Примітка. * – грудень 2023 р., ** – грудень 2024 р.

Підвищені температури повітря у весняний період (квітень–травень 2024 р.) прискорювали проходження окремих фаз розвитку рослин і формування колоса, проте за одночасного дефіциту вологи могли обмежувати його лінійний ріст, що проявлялося тенденцією до зменшення довжини головного колоса.

Аналіз отриманих даних свідчить, що довжина головного колоса істотно залежала як від сортових особливостей, так і від застосованих технологічних заходів. Найменші середні значення у обох сортів відмічено на контрольних варіантах (1 та 6), де проводили лише обприскування водою (табл. 2). У сорту Оксамит миронівський вони становили 8,37–8,39 см, тоді як у сорту Дубравка – 8,21–8,23 см.

Застосування фунгіцидів Амістар Екстра 280 SC та Елатус Ріа 358 SC у поєднанні з карбамідом (7 кг/га) і сульфатом магнію (1 кг/га) сприяло достовірному збільшенню довжини головного колоса порівняно з контролем. У сорту Оксамит миронівський середні показники зросли до 8,87–8,96 см, а у сорту Дубравка – до 8,55–8,71 см, що перевищувало контроль відповідно на 0,50–0,59 та 0,32–0,48 см.

Додавання до бакової суміші добрива Нутрівант Плюс Зерновий забезпечило подальше покращення показника. За одноразового внесення препаратів у фазі BBCH 21 середня довжина головного колоса у сорту Оксамит

Таблиця 2

Зміна довжини головного колоса у сортів пшениці м'якої ярої під впливом досліджуваних факторів, см

Варіанти досліджу	Оксамит миронівський			Дубравка		
	2024	2025	середнє	2024	2025	середнє
1. Контроль – обприскування водою у фазі початку кушення (BBCH 21).	8,65	8,08	8,37	8,45	7,96	8,21
2. Амістар Екстра 280 SC (0,6 л/га) + карбамід (7 кг/га) + MgSO ₄ (1 кг/га) у фазі BBCH 21.	9,08	8,73	8,91	8,92	8,35	8,64
3. Елатус Ріа 358 SC (0,5 л/га) + карбамід (7 кг/га) + MgSO ₄ (1 кг/га) у фазі BBCH 21.	9,05	8,69	8,87	8,88	8,22	8,55
4. Амістар Екстра 280 SC (0,6 л/га) + Нутрівант Плюс Зерновий (2 кг/га) у фазі BBCH 21	9,18	8,84	9,01	8,96	8,36	8,66
5. Елатус Ріа 358 SC (0,5 л/га) + Нутрівант Плюс Зерновий (2 кг/га) у фазі BBCH 21	9,14	8,81	8,98	8,94	8,31	8,63
6. Контроль – обприскування водою у фазах BBCH 21 та BBCH 39.	8,68	8,10	8,39	8,49	7,97	8,23
7. Амістар Екстра 280 SC (0,6 л/га) + карбамід (7 кг/га) + MgSO ₄ (1 кг/га) у фазах BBCH 21 та BBCH 39.	9,13	8,79	8,96	8,97	8,44	8,71
8. Елатус Ріа 358 SC (0,5 л/га) + карбамід (7 кг/га) + MgSO ₄ (1 кг/га) у фазах BBCH 21 та BBCH 39.	9,11	8,74	8,93	8,96	8,43	8,7
9. Амістар Екстра 280 SC (0,6 л/га) + карбамід (7 кг/га) + MgSO ₄ (1 кг/га) + Нутрівант Плюс Зерновий (2 кг/га) у фазах BBCH 21 та BBCH 39.	9,26	8,94	9,10	9,04	8,56	8,80
10. Елатус Ріа 358 SC (0,5 л/га) + карбамід (7 кг/га) + MgSO ₄ (1 кг/га) + Нутрівант Плюс Зерновий (2 кг/га) у фазах BBCH 21 та BBCH 39.	9,23	8,91	9,07	9,03	8,51	8,77
НІР А ₀₅	0,06			0,07		
НІР В ₀₅	0,13			0,16		
НІР АВ ₀₅	0,18			0,22		

миронівський досягала 8,98–9,01 см, а у сорту Дубравка – 8,63–8,66 см. Найвищі показники отримано за комплексного застосування фунгіцидів, карбаміду, MgSO₄ та Нутрівант Плюс Зерновий у фазах BBCH 21 і BBCH 39 (варіанти 9–10). У цих варіантах середня довжина головного колоса становила 9,07–9,10 см

у сорту Оксамит миронівський та 8,77–8,80 см у сорту Дубравка, що перевищувало контрольні варіанти відповідно на 0,68–0,73 та 0,54–0,59 см.

Порівняльний аналіз сортів показав, що Оксамит миронівський у всіх варіантах дослідів формував довший головний колос, ніж сорт Дубравка. Різниця між сортами залежно від варіанта становила 0,16–0,30 см, що свідчить про вищий генетичний потенціал сорту Оксамит миронівський щодо формування цього елемента структури врожаю. Водночас сорт Дубравка також позитивно реагував на застосування фунгіцидів і позакоренових підживлень, хоча абсолютний приріст показника був дещо нижчим.

Погодні умови років досліджень істотно вплинули на формування довжини головного колоса. В усіх варіантах дослідів показники 2025 року були нижчими порівняно з 2024 роком. У сорту Оксамит миронівський довжина колоса у 2024 році змінювалася від 8,65 до 9,26 см, тоді як у 2025 році – від 8,08 до 8,94 см, а зниження становило 0,32–0,58 см. У сорту Дубравка цей показник варіював відповідно від 8,45–9,04 до 7,96–8,56 см, а різниця між роками досягала 0,48–0,66 см, що свідчить про вищу чутливість сорту до несприятливих гідротермічних умов.

Слід відзначити, що найбільше зниження довжини головного колоса по рокам спостерігалось на контрольних варіантах, тоді як застосування фунгіцидів у поєднанні з позакореновими підживленнями зменшувало негативний вплив стресових погодних чинників. Найбільш стабільними виявилися комплексні схеми живлення та захисту (варіанти 9–10), де різниця між роками була найменшою, що свідчить про їхню високу ефективність у підтриманні формування продуктивного колоса за менш сприятливих умов вирощування.

Статистичний аналіз результатів підтвердив достовірний вплив як сорту, так і застосування фунгіцидів і позакоренових підживлень на довжину головного колоса. Отримані результати засвідчують, що комплексне застосування фунгіцидного захисту з позакореновим підживленням карбамідом, сульфатом магнію та добривом Нутривант Плюс Зерновий у фазах ВВСН 21 і ВВСН 39 забезпечує найкращу реалізацію потенціалу сучасних сортів пшениці м'якої ярої та частково компенсує негативний вплив несприятливих погодних умов на формування цього важливого елемента структури врожаю.

Аналіз міжрічної мінливості показав, що у 2025 році довжина головного колоса зменшилася в усіх варіантах дослідів порівняно з 2024 роком. Середнє зниження у сорту Оксамит миронівський становило 0,38 см, тоді як у сорту Дубравка – 0,55 см, що свідчить про вищу екологічну пластичність та стабільність першого сорту за менш сприятливих гідротермічних умов (табл. 3).

Найбільше зменшення довжини колоса відмічено на контрольних варіантах (1 і 6), де воно становило 0,57–0,58 см у сорту Оксамит миронівський та 0,49–0,52 см у сорту Дубравка. Застосування фунгіцидів у поєднанні з позакореновими підживленнями послаблювало негативний вплив погодних умов, зменшуючи міжрічне варіювання показника.

Таблиця 3

Варіювання довжини головного колоса пшениці м'якої ярої у роки досліджень

№ варіанта	Варіант досліду	Оksamит миронівський (2024–2025)	Дубравка (2024–2025)
1	Контроль (BBCH 21)	–0,57	–0,49
2	Амістар Екстра + карбамід + MgSO ₄ (BBCH 21)	–0,35	–0,57
3	Елатус Ріа + карбамід + MgSO ₄ (BBCH 21)	–0,36	–0,66
4	Амістар Екстра + Нутривант Плюс (BBCH 21)	–0,34	–0,60
5	Елатус Ріа + Нутривант Плюс (BBCH 21)	–0,33	–0,63
6	Контроль (BBCH 21 та 39)	–0,58	–0,52
7	Амістар Екстра + карбамід + MgSO ₄ (BBCH 21 та 39)	–0,34	–0,53
8	Елатус Ріа + карбамід + MgSO ₄ (BBCH 21 та 39)	–0,37	–0,53
9	Амістар Екстра + карбамід + MgSO ₄ + Нутривант Плюс (BBCH 21 та 39)	–0,32	–0,48
10	Елатус Ріа + карбамід + MgSO ₄ + Нутривант Плюс (BBCH 21 та 39)	–0,32	–0,52

Найвищу стабільність формування довжини головного колоса забезпечили комплексні схеми із дворазовим застосуванням фунгіцидів, карбаміду, MgSO₄ та Нутривант Плюс Зерновий (варіанти 9–10). У цих варіантах зниження показника у сорту Оксамит миронівський становило лише 0,32 см, а у сорту Дубравка – 0,48–0,52 см, що є найменшими значеннями серед усіх досліджуваних варіантів. Це підтверджує, що інтегроване застосування фунгіцидного захисту та позакореневого підживлення підвищує стійкість рослин до несприятливих погодних умов і сприяє стабільнішому формуванню головного колоса.

У проведених нами дослідженнях було визначено частку впливу досліджуваних факторів на формування довжини головного колоса пшениці м'якої ярої, результати чого наведено на рис. 1 та рис. 2.

У 2024 р. найбільшу частку у формуванні цієї ознаки мав фактор В (позакореневе застосування фунгіцидів і добрив), який становив 71,11 % (рис. 1). Це свідчить про домінуючу роль технологічних заходів у формуванні довжини головного колоса, оскільки саме оптимізація системи захисту та позакореневого живлення забезпечує сприятливі умови для росту й розвитку рослин та реалізації їх продуктивного потенціалу.

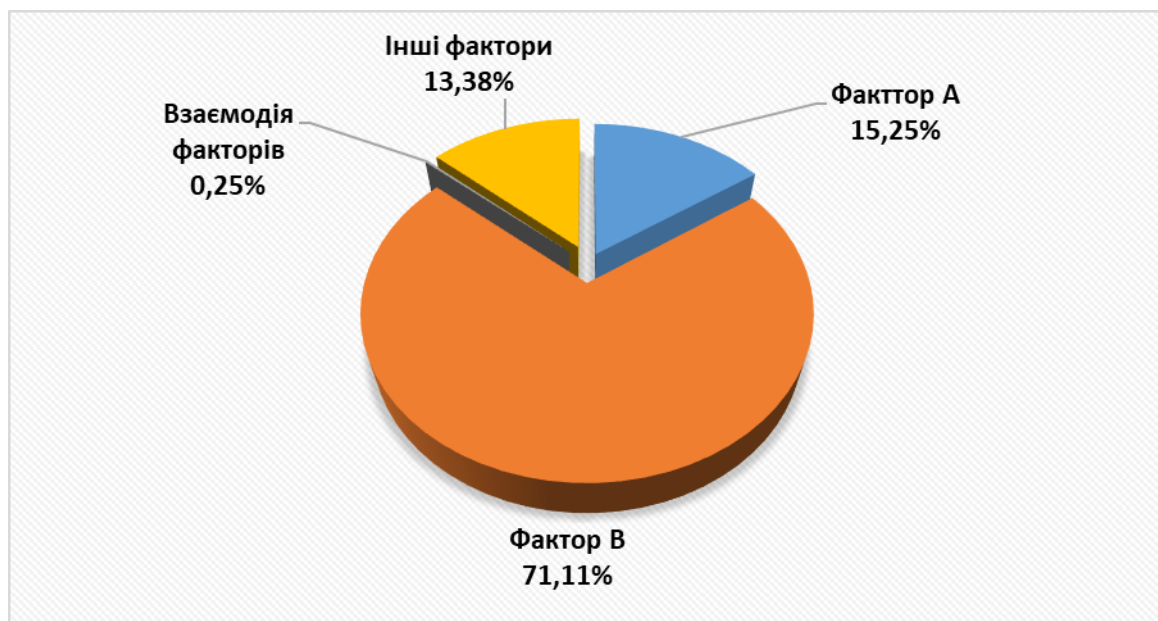


Рис. 1. Частка впливу факторів на формування довжини головного колоса пшениці м'якої ярої у 2024 році

Частка впливу фактора А (сортові особливості) становила 15,25 %, що вказує на істотну роль генотипу у формуванні довжини головного колоса. Водночас його вплив був значно меншим порівняно з агротехнічними заходами, що свідчить про визначальне значення технології вирощування для реалізації генетичного потенціалу сортів.

На частку інших факторів припадало 13,38 %. Ця складова характеризує вплив неконтрольованих чинників, зокрема погодних умов, ґрунтових особливостей та інших факторів середовища, які також брали участь у формуванні досліджуваної ознаки, хоча їхній внесок був меншим порівняно з впливом технологічних заходів.

Взаємодія факторів $A \times B$ становила лише 0,25 %, що свідчить про незначний сумісний вплив сортових особливостей і системи позакореневого живлення та фунгіцидного захисту на формування довжини головного колоса за умов проведення досліджень.

Аналіз результатів дисперсійного аналізу за 2025 р. (рис. 2) свідчить, що найбільший вплив на формування довжини головного колоса пшениці м'якої ярої мав фактор В (позакореневе застосування фунгіцидів і добрив), частка якого становила 55,78 %. Це підтверджує визначальну роль технологічних заходів у формуванні досліджуваної ознаки навіть за менш сприятливих погодних умов.

Частка впливу фактора А (сортові особливості) становила 29,45 %, що майже вдвічі перевищувало відповідний показник 2024 року. Це свідчить про посилення ролі генотипу у формуванні довжини головного колоса в умовах стресового року та підтверджує важливість добору сортів із високою адаптивністю.

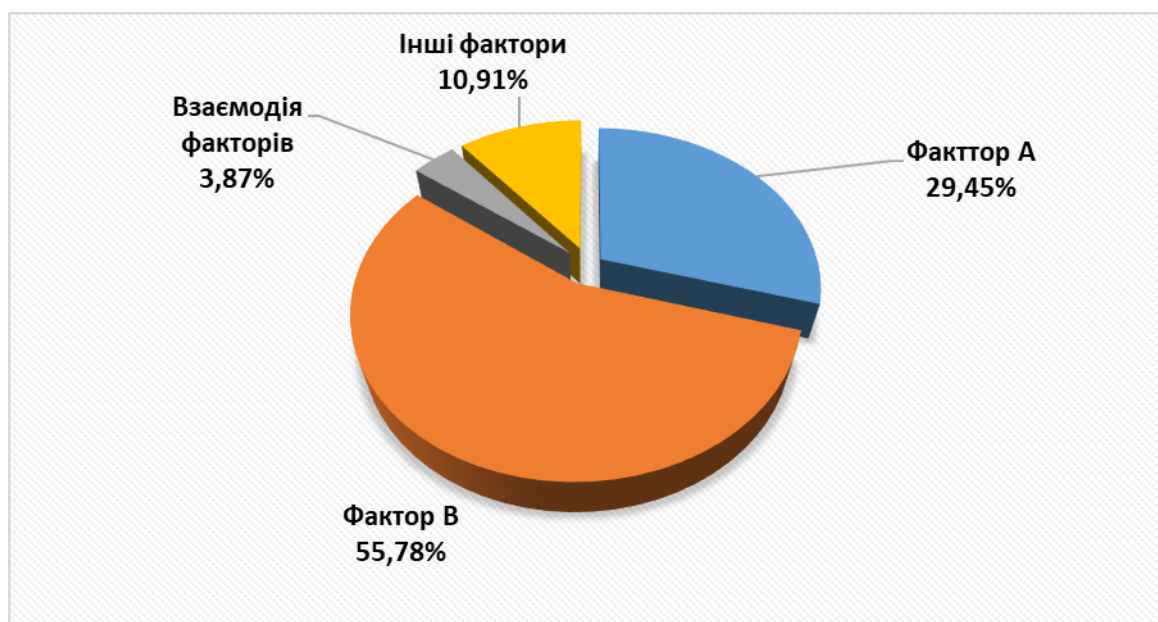


Рис. 2. Частка впливу факторів на формування довжини головного колоса пшениці м'якої ярої у 2025 році

На частку інших факторів припадало 10,91 %, що характеризує вплив неконтрольованих чинників, зокрема погодних умов, особливостей ґрунту та інших факторів середовища. Хоча їхній внесок був меншим порівняно з основними досліджуваними факторами, він також впливав на формування ознаки.

Взаємодія факторів $A \times B$ становила 3,87 %, що суттєво перевищувало відповідний показник у 2024 році (0,25 %). Це свідчить про посилення взаємодії між сортовими особливостями та системою позакореневого живлення і фунгіцидного захисту за менш сприятливих гідротермічних умов вирощування.

Отже, у 2025 році провідним чинником формування довжини головного колоса залишалися позакореневі підживлення та фунгіцидний захист, однак значення сортових особливостей і взаємодії факторів істотно зросло. Це підтверджує доцільність комплексного підходу, що поєднує використання адаптивних сортів із оптимізованою системою позакореневого живлення та фунгіцидного захисту для забезпечення стабільного формування продуктивності пшениці м'якої ярої.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Встановлено, що застосування позакореневих підживлень у поєднанні з фунгіцидним захистом є ефективним технологічним прийомом формування довжини головного колоса пшениці м'якої ярої в умовах Правобережного Лісостепу України. Комплексне використання фунгіцидів Амістар Екстра 280 SC або Елатус Ріа 358 SC разом із карбамідом, $MgSO_4$ та добривом Нутривант Плюс Зерновий у фази BBCH 21 і BBCH 39 забезпечило найвищі показники довжини головного колоса. Максимальні значення відмічено у сорту Оксамит миронівський (9,07–9,10 см), що на 0,68–0,73 см перевищувало контрольні варіанти.

Виявлено, що ефективність досліджуваних технологічних прийомів значною мірою залежала від гідротермічних умов року. У менш сприятливому

2025 році довжина головного колоса зменшилася в усіх варіантах дослідів, однак комплексне застосування фунгіцидного захисту та позакореневого живлення забезпечило найменше варіювання показника між роками, що свідчить про їх стабілізуючий вплив на формування цієї ознаки.

Дисперсійний аналіз показав, що у 2024 році домінуючим фактором формування довжини головного колоса були технологічні заходи (71,11 %), тоді як у 2025 році їхній внесок зменшився до 55,78 %, а значення сортових особливостей зросло до 29,45 %. Це свідчить про посилення ролі генотипу за стресових погодних умов та необхідність поєднання адаптивних сортів із оптимізованими системами живлення і захисту рослин.

Перспективи подальших досліджень полягають у вивченні впливу різних систем позакореневого живлення та фунгіцидного захисту на формування інших елементів структури врожаю і показників якості зерна сучасних сортів пшениці м'якої ярої за різних гідротермічних умов. Актуальним також є оцінювання фізіолого-біохімічних механізмів адаптації рослин до абіотичних стресів, встановлення взаємозв'язків між довжиною головного колоса, урожайністю та якістю зерна, а також удосконалення інтегрованих технологій вирощування, спрямованих на підвищення стабільної продуктивності культури.

Автори підтверджують відсутність потенційного чи наявного конфлікту інтересів, який міг би вплинути на результати дослідження та публікації

Список використаної літератури

1. Giraldo P., Benavente E., Manzano Agugliaro F., Gimenez E. (2019). Worldwide research trends on wheat and barley: A bibliometric comparative analysis. *Agronomy*, 9. P. 352. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy9070352>.
2. Молдован Ж.А., Молдован В.Г., Кирилюк Д.П. Формування продуктивності сортами пшениці м'якої ярої в західному Лісостепу. *Аграрні інновації*. 2026. № 35. С. 212-217. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.35.31>
3. Zbyněk Milec, Kashif Nawaz, Swati Puranik, Anna Nowicka, Martin Kovačik, Hana Findurová, Emmanuel Opoku, Ales Pecinka, Karel Klem, Otmar Urban, Pranav Pankaj Sahu. Integrative morpho-physiological and transcriptomic insights into wheat responses to combined drought, heat, and elevated CO₂ under future climate conditions, *Plant Stress*, Volume 18, 2025, 101115, ISSN 2667-064X, <https://doi.org/10.1016/j.stress.2025.101115>.
4. Tripathi, R., Singh, D., Imam, Z. et al. Genetic architecture and breeding strategies for enhancing wheat (*Triticum aestivum* L.) tolerance to combined heat, drought, and salinity stresses. *Mol Biol Rep* 53, 437 (2026). <https://doi.org/10.1007/s11033-026-11613-4>
5. Кирильчук А.М., Дутова Г.А., Гринів С.М. та ін. Yield plasticity of new varieties of soft winter wheat (*Triticum aestivum* L.) in different soil and climatic conditions of Ukraine. *Plant Varieties Studying and Protection*, Vol. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.20.1.2024.297224>
6. Rosado-Souza L., Yokoyama R., Sonnewald U., and Fernie A.R. (2023). Understanding source–sink interactions: Progress in model plants and translational research to crops. *Mol. Plant*. 16, 96–121. <https://doi.org/10.1016/j.molp.2022.11.015>
7. Murashko, L., Humeniuk, O., Kyrilenko, V., Zamlila, N., Suddenko, Yu., & Novytska, N. (2024). Adaptive properties and breeding value of F3 hybrid combinations of winter bread wheat for spike productivity traits. *Scientific Reports of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*, 20(2). [https://doi.org/10.31548/dopovidi.2\(108\).2024.011](https://doi.org/10.31548/dopovidi.2(108).2024.011)

8. Vergara-Diaz O, Vatter T, Vicente R, Obata T, Nieto-Taladriz MT, Aparicio N, Carlisle Kefauver S, Fernie A, Araus JL. Metabolome Profiling Supports the Key Role of the Spike in Wheat Yield Performance. *Cells*. 2020 Apr 21;9(4):1025. <https://doi.org/10.3390/cells9041025> . PMID: 32326207; PMCID: PMC7226616.
9. Xiang Zhang, Yi Peng Wang, Xiehai Song, Liang-Zi Zhou, Haixia Yu, Lei Yang, Yan Kai Wang, Xin Yu Wang, Xin Yan Wan, Yongqi Liu, Yan Shi, Zhiliang Yue, Yifeng Hou, Xian Sheng Zhang, Bosheng Li, Ying Hua Su, A single-cell-resolution spatial transcriptomic atlas decodes wheat spike development and yield potential. *Molecular Plant*, Volume 19, Issue 2, 2026, Pages 402-424, ISSN 1674-2052, <https://doi.org/10.1016/j.molp.2025.12.020> .
10. Федоренко М. В., Федоренко І. В., Кузьменко Є. А., Близнюк Р. М. Мінливість показників елементів продуктивності колекційних зразків пшениці м'якої ярої в умовах Лісостепу України. *Зернові культури*. Том 7. № 2. 2023. С. 270–277 <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0286>
11. Холод С., Кузьмишина Н. Характеристика зразків пшениці м'якої ярої розсадника 26 TH SEMIARID WHEAT YT (26 SAWYT) в зоні південного Лісостепу України. *Grail of Science*, 2024 (35), 160–165. <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.19.01.2024.026>
12. Федоренко М. В., Федоренко І. В., Близнюк Р. М. Трансгресивна мінливість у гібридних популяціях F₂ пшениці ярої *Triticum aestivum* L. та *Triticum durum* Desf. за елементами продуктивності колосу. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2024. Вип. 76 (1). С.81-89. [https://doi.org/10.32636/01308521.2024-\(76\)-1-8](https://doi.org/10.32636/01308521.2024-(76)-1-8)
13. Жупина А.Ю., Базалій Г.Г., Усик Л.О., Марченко Т.Ю., Лавриненко Ю.О. Успадкування довжини колоса гібридами пшениці озимої різного еколого-генетичного походження в умовах зрошення. *Аграрні інновації*, 2022. №11. С. 74-82. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.11.10>
14. Новак Ж.М. Продуктивність рослин сортозразків пшениці твердої ярої за різних норм висіву. *Збірник наукових праць Уманського національного університету*, 2018. Випуск №93. Частина 1. С.145-157. <https://doi.org/10.31395/2415-8240-2018-93-1-145-157>
15. Stasiv, O., Dubytskyi, O., Kachmar, O., Dubytska, A., & Vavrynovych, O. (2023). Patterns of winter wheat ear productivity formation depending on the content of trace elements in the soil. *Scientific Horizons*, 26(8), 9-22. <https://doi.org/10.48077/scihor8.2023.09>
16. Демидов О. А., Хоменко С. О., Чугункова Т. В., Федоренко І. В. Урожайність та гомеостатичність колекційних зразків пшениці ярої. *Вісн. аграр. науки*. 2019. № 9 (798). С. 47–51. <https://doi.org/20.31073/agrovisnyk201909-07>
17. Хоменко С., Солоня В., Зварун Т. Особливості селекції пшениці ярої в умовах Лісостепу України. *Plant Breeding and Seed Production*. 2016. С.181-191. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2011.66595> .
18. Wang M, Lu J, Liu R, Li Y, Ao D, Wu Y and Zhang L (2023) Identification and validation of a major quantitative trait locus for spike length and compactness in the wheat (*Triticum aestivum* L.) line Chuanyu12D7. *Front. Plant Sci*. 14:1186183. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1186183>
19. Jiang, T., Meng, L., Ji, C., Wang, Z., Cao, H., Sun, R., Xu, K., Meng, X., Yang, X., & Zhao, Y. (2025). Identification of Spike Length Gene and Development of KASP Markers in Wheat. *Plants*, 14(23), 3703. <https://doi.org/10.3390/plants14233703>
20. Ding, H., Wang, C., Cai, Y. *et al*. Characterization of a wheat stable QTL for spike length and its genetic effects on yield-related traits. *BMC Plant Biol* 24, 292 (2024). <https://doi.org/10.1186/s12870-024-04963-3>
21. Лозінський М.В., Самойлик М.О., Устинова Г.Л. Особливості формування довжини головного колоса сортами пшениці (*T. aestivum*) озимої різних екотипів/ Матеріали міжнародної наукової конференції: «Зернова галузь—проблеми та перспективи технологічного забезпечення» з нагоди 100-річчя від дня народження доктора с.-г. наук, професора, академіка НААН Валентина Сергійовича Цикова, 12–13 жовтня 2023 р. м. Дніпро, 2023. С. 30–31. <http://rep.btsau.edu.ua/handle/BNAU/9132>



22. Дутова Г. А., Києнко З. Б., Павлюк Н. В. Урожайність та якість нових сортів пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum* L.) у різних ґрунтово-кліматичних умовах. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2024. Т. 20, № 4. С. 227-233. URL: <http://jnas.nbu.gov.ua/article/UJRN-0001558129>
23. C. Li, G. Bai, B. F. Carver, S. Chao & Z. Wang. (2016). Mapping quantitative trait loci for plant adaptation and morphology traits in wheat using single nucleotide polymorphisms. *Euphytica* 208, 299–312. <https://doi.org/10.1007/s10681-015-1594-x>
24. Вахній С.П., Войтко А.В. Структура врожаю та якість зерна пшениці м'якої ярої залежно від елементів технології вирощування. *Таврійський науковий вісник*, 2024. № 138. С.22-33. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.138.3>
25. Олійник К.М., Юла В.М. Морфофізіологічні особливості формування продуктивності пшениці ярої в умовах зміни клімату. *Вісник аграрної науки*. 2019, №11 (800). С.34-41 <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk2019011-05>
26. ДСТУ 4289:2004. Якість ґрунту. Методи визначання органічної речовини. На заміну ГОСТ 26213-91, чинний від 2004–04–30. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2004. 9 с.
27. ДСТУ ISO 10390:2007. Якість ґрунту. Визначення рН (ISO 10390:2005, IDT). На заміну ДСТУ ISO 10390:2001; чинний від 2009-10-01. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2012. 4 с.
28. ДСТУ 4362:2004. Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів. Чинний від 2006-01-01. Київ Держспоживстандарт України, 2005. 30 с.
29. ДСТУ 7863:2015. Якість ґрунту. Визначення легкогідролізного азоту методом Корнфілда. Чинний від 2016-07-01. Київ : УкрНДНЦ, 2016. 5 с.
30. ДСТУ 4115:2002. Ґрунти. Визначання рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Чирикова. На заміну ГОСТ 26204-91; чинний від 2003-01-01. Київ: Державний комітет України з питань технічного регулювання та споживчої політики, 2002. 6 с.
31. Рожков А. О., Пузік В. К., Каленська С. М., Пузік Л. М., Попов С. І., Музафаров Н. М., Бухало В. Я., Криштоп Є. А. Дослідна справа в агрономії: навч. посібник: у 2 кн. – Кн. 2. Статистична обробка результатів агрономічних досліджень. Харків: Майдан, 2016. 342 с.
32. Ермантраут Е. Р., Карпук Л. М., Вахній С. П., Козак Л. А., Павліченко А. А., Філіпова Л. М. Методика наукових досліджень. Біла Церква : ТОВ «Білоцерківдрук», 2018. 104 с.

Bohdan Lozinskyi – PhD student
Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine
orcid.org/0009-0003-2068-0525
lozinskata@ukr.net

Mykola Hrabovskyi – Doctor of Agricultural Sciences, Professor
Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine
orcid.org/0000-0002-8494-7896
nikgr1977@gmail.com

Formation of the main spike length of wheat soft spring depending on foliar fertilization and fungicides in the Right-bank Forest-steppe of Ukraine

Abstract

The article presents the results of a study on the effect of foliar fertilisation and fungicide protection on the formation of the main spike length in spring wheat under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. The experiments were conducted in 2024–2025 at the experimental field of Bila Tserkva National Agrarian University using a two-factor design: Factor A – the spring



wheat cultivars *Oksamyt Myronivskiy* and *Dubravka*; Factor B – different systems of foliar application of fungicides and fertilisers. The hydrothermal conditions during the study years were characterised by an uneven distribution of precipitation, alternating periods of excessive and insufficient moisture, and elevated air temperatures, which significantly affected the formation of the main spike length.

The lowest values of spike length were recorded in the control treatments (8.21–8.39 cm). The application of the fungicides *Amistar Extra 280 SC* and *Elatus Ria 358 SC* combined with urea and $MgSO_4$ increased the main spike length to 8.87–8.96 cm, while the addition of *Nutrivant Plus Cereals* fertiliser resulted in a further increase. The highest values were obtained with the combined application of fungicides and foliar fertilisers at BBCH growth stages 21 and 39, reaching 9.07–9.10 cm for the cultivar *Oksamyt Myronivskiy* and 8.77–8.80 cm for *Dubravka*. The cultivar *Oksamyt Myronivskiy* consistently produced longer spikes and exhibited lower variation in this trait under contrasting weather conditions.

Analysis of variance showed that in 2024 the dominant contribution to the formation of the main spike length was made by the agrotechnological factor (71.11%), whereas in 2025 its contribution decreased to 55.78%, while the influence of cultivar characteristics increased to 29.45%. At the same time, the interaction between the studied factors increased to 3.87%, indicating a greater importance of combining the genetic potential of cultivars with optimised crop management practices under less favourable growing conditions.

The obtained results confirm that the integrated application of fungicide protection and foliar fertilisation is an effective component of spring wheat cultivation technology, ensuring more stable formation of the main spike length and promoting a more efficient realisation of the productivity potential of modern cultivars under climate change conditions.

Keywords: spring wheat, main spike length, agrotechnological factors, foliar fertilisation, fungicides, micronutrient fertilisers, macronutrient fertilisers.

References

1. Giraldo, P., Benavente, E., Manzano-Agugliaro, F., & Gimenez, E. (2019). Worldwide research trends on wheat and barley: A bibliometric comparative analysis. *Agronomy*, 9(7), 352. <https://doi.org/10.3390/agronomy9070352>
2. Moldovan, Zh. A., Moldovan, V. G., & Kyrlyuk, D. P. (2026). Formation of productivity by varieties of spring soft wheat in the Western Forest-Steppe. *Agrarian Innovations*, 35, 212–217. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.35.31>
3. Milec, Z., Nawaz, K., Puranik, S., Nowicka, A., Kovačik, M., Findurová, H., Opoku, E., Pecinka, A., Klem, K., Urban, O., & Sahu, P. P. (2025). Integrative morpho-physiological and transcriptomic insights into wheat responses to combined drought, heat, and elevated CO₂ under future climate conditions. *Plant Stress*, 18, 101115. <https://doi.org/10.1016/j.stress.2025.101115>
4. Tripathi, R., Singh, D., Imam, Z., et al. (2026). Genetic architecture and breeding strategies for enhancing wheat (*Triticum aestivum* L.) tolerance to combined heat, drought, and salinity stresses. *Molecular Biology Reports*, 53, 437. <https://doi.org/10.1007/s11033-026-11613-4>
5. Kyrlychuk, A. M., Dutova, G. A., Hryniv, S. M., et al. (2024). Yield plasticity of new varieties of soft winter wheat (*Triticum aestivum* L.) in different soil and climatic conditions of Ukraine. *Plant Varieties Studying and Protection*, 20(1). <https://doi.org/10.21498/2518-1017.20.1.2024.297224>
6. Rosado-Souza, L., Yokoyama, R., Sonnewald, U., & Fernie, A. R. (2023). Understanding source–sink interactions: Progress in model plants and translational research to crops. *Molecular Plant*, 16(1), 96–121. <https://doi.org/10.1016/j.molp.2022.11.015>
7. Murashko, L., Humeniuk, O., Kyrlyenko, V., Zamlila, N., Suddenko, Yu., & Novytska, N. (2024). Adaptive properties and breeding value of F3 hybrid combinations of winter bread wheat for spike productivity traits. *Scientific Reports of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*, 20(2). [https://doi.org/10.31548/dopovidi.2\(108\).2024.011](https://doi.org/10.31548/dopovidi.2(108).2024.011)

8. Vergara-Diaz, O., Vatter, T., Vicente, R., Obata, T., Nieto-Taladriz, M. T., Aparicio, N., Kefauver, S. C., Fernie, A., & Araus, J. L. (2020). Metabolome profiling supports the key role of the spike in wheat yield performance. *Cells*, 9(4), 1025. <https://doi.org/10.3390/cells9041025>
9. Zhang, X., Wang, Y. P., Song, X., Zhou, L. Z., Yu, H., Yang, L., Wang, Y. K., Wang, X. Y., Wan, X. Y., Liu, Y., Shi, Y., Yue, Z., Hou, Y., Zhang, X. S., Li, B., & Su, Y. H. (2026). A single-cell-resolution spatial transcriptomic atlas decodes wheat spike development and yield potential. *Molecular Plant*, 19(2), 402–424. <https://doi.org/10.1016/j.molp.2025.12.020>
10. Fedorenko, M. V., Fedorenko, I. V., Kuzmenko, Ye. A., & Blyzniuk, R. M. (2023). Variability of productivity traits in spring wheat collection samples under Forest-Steppe conditions of Ukraine. *Cereal Crops*, 7(2), 270–277. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0286>
11. Kholod, S., & Kuzmyshyna, N. (2024). Characteristics of spring wheat samples from the 26th Semiarid Wheat Yield Trial in the Southern Forest-Steppe of Ukraine. *Grail of Science*, 35, 160–165. <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.19.01.2024.026>
12. Fedorenko, M. V., Fedorenko, I. V., & Blyzniuk, R. M. (2024). Transgressive variability in F2 hybrid populations of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) and durum wheat (*Triticum durum* Desf.) for spike productivity traits. *Foothill and Mountain Agriculture and Animal Husbandry*, 76(1), 81–89. [https://doi.org/10.32636/01308521.2024-\(76\)-1-8](https://doi.org/10.32636/01308521.2024-(76)-1-8)
13. Zhupina, A. Yu., Bazalii, H. H., Usyk, L. O., Marchenko, T. Yu., & Lavrynenko, Yu. O. (2022). Inheritance of spike length in winter wheat hybrids of different ecological-genetic origin under irrigation. *Agrarian Innovations*, 11, 74–82. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.11.10>
14. Novak, Zh. M. (2018). Productivity of durum spring wheat varieties under different sowing rates. *Collection of Scientific Papers of Uman National University*, 93(1), 145–157. <https://doi.org/10.31395/2415-8240-2018-93-1-145-157>
15. Stasiv, O., Dubytskyi, O., Kachmar, O., Dubytska, A., & Vavrynovych, O. (2023). Patterns of winter wheat ear productivity formation depending on the content of trace elements in the soil. *Scientific Horizons*, 26(8), 9–22. <https://doi.org/10.48077/scihor8.2023.09>
16. Demidov, O. A., Khomenko, S. O., Chugunkova, T. V., & Fedorenko, I. V. (2019). Productivity and homeostaticity of spring wheat varieties. *Bulletin of Agrarian Science*, 9(798), 47–51. <https://doi.org/10.48077/scihor8.2023.09>
17. Khomenko, S., Solona, V., & Zvarun, T. (2016). Features of spring wheat breeding in the Forest-Steppe of Ukraine. *Plant Breeding and Seed Production*, 181–191. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2011.66595>
18. Wang, M., Lu, J., Liu, R., Li, Y., Ao, D., Wu, Y., & Zhang, L. (2023). Identification and validation of a major quantitative trait locus for spike length and compactness in the wheat (*Triticum aestivum* L.) line Chuanyu12D7. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1186183. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1186183>
19. Jiang, T., Meng, L., Ji, C., Wang, Z., Cao, H., Sun, R., Xu, K., Meng, X., Yang, X., & Zhao, Y. (2025). Identification of spike length gene and development of KASP markers in wheat. *Plants*, 14(23), 3703. <https://doi.org/10.3390/plants14233703>
20. Ding, H., Wang, C., Cai, Y., et al. (2024). Characterization of a wheat stable QTL for spike length and its genetic effects on yield-related traits. *BMC Plant Biology*, 24, 292. <https://doi.org/10.1186/s12870-024-04963-3>
21. Lozinskyi, M. V., Samoiluk, M. O., & Ustinova, H. L. (2023). Features of spike length formation in winter wheat (*Triticum aestivum*) varieties of different ecotypes. In *Proceedings of the International Scientific Conference “Grain Industry – Problems and Prospects of Technological Support”* (pp. 30–31). Dnipro. <http://rep.btsau.edu.ua/handle/BNAU/9132>
22. Dutova, G. A., Kyienko, Z. B., & Pavliuk, N. V. (2024). Yield and quality of new varieties of winter soft wheat (*Triticum aestivum* L.) in different soil and climatic conditions. *Plant Varieties Studying and Protection*, 20(4), 227–233. <http://jnas.nbu.gov.ua/article/UJRN-0001558129>



22. Li, C., Bai, G., Carver, B. F., Chao, S., & Wang, Z. (2016). Mapping quantitative trait loci for plant adaptation and morphology traits in wheat using single nucleotide polymorphisms. *Euphytica*, 208, 299–312. <https://doi.org/10.1007/s10681-015-1594-x>
23. Vakhnii, S. P., & Voitko, A. V. (2024). Structure of yield and grain quality of spring soft wheat depending on elements of cultivation technology. *Tavriya Scientific Bulletin*, 138, 22–33. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.138.3>
24. Oliinyk, K. M., & Yula, V. M. (2019). Morphophysiological features of spring wheat productivity formation under climate change conditions. *Bulletin of Agrarian Science*, 11(800), 34–41. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk2019011-05>
25. DSTU 4289:2004. (2004). *Soil quality. Methods for determination of organic matter*. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy.
26. DSTU ISO 10390:2007. (2012). *Soil quality. Determination of pH (ISO 10390:2005, IDT)*. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy.
27. DSTU 4362:2004. (2005). *Soil quality. Indicators of soil fertility*. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy.
28. DSTU 7863:2015. (2016). *Soil quality. Determination of easily hydrolyzed nitrogen by Kornfield method*. Kyiv: UkrNDNTs.
29. DSTU 4115:2002. (2002). *Soils. Determination of mobile phosphorus and potassium compounds by modified Chirikov method*. Kyiv: State Committee of Ukraine for Technical Regulation and Consumer Policy.
30. Rozhkov, A. O., Puzik, V. K., Kalenska, S. M., Puzik, L. M., Popov, S. I., Muzafarov, N. M., Bukhala, V. Ya., & Kryshchuk, Ye. A. (2016). *Experimental practice in agronomy: Statistical processing of agronomic research results* (Vol. 2). Kharkiv: Maidan.
31. Ermantraut, E. R., Karpuk, L. M., Vakhnii, S. P., Kozak, L. A., Pavlichenko, A. A., & Filipova, L. M. (2018). *Methodology of scientific research*. Bila Tserkva: TOV “Bilotserkivdruk”.

Стаття надійшла до редакції 23.07.2026

Стаття пройшла рецензування 21.08.2026

Стаття опублікована 30.09.2026