

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
МИРОНІВСЬКИЙ ІНСТИТУТ ПШЕНИЦІ ІМЕНІ В. М. РЕМЕСЛА

**МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ЗА ОЦІНКИ
СЕЛЕКЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ
ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ХАРЧОВОГО
НАПРЯМКУ ВИКОРИСТАННЯ**

Методичні рекомендації

Центральне, 2025

УДК: 633.111.1«324»: 631.

Розглянуто та затверджено до друку
Вченою радою Миронівського інституту пшениці
імені В.°М. Ремесла НААН України, протокол № 15 від 15.10.2025 р.

Рецензенти:

Волощук О. П. – доктор сільськогосподарських наук, професор, головний науковий співробітник відділу селекції сільськогосподарських культур Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН України;

Тищенко В. М. – доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри селекції, насінництва і генетики Полтавського державного аграрного університету МОН України.

Авторський колектив : Демидов О.°А., Кириленко В. В., Гуменюк О. В., Вологдіна Г. Б., Рисін А. Л., Замліла Н. П., Правдзіва І. В., Хорошко Н. М. Методичні підходи за оцінки селекційного матеріалу пшениці озимої харчового напрямку використання. Київ: Компрінт, 2025. 49 с.

Методичні рекомендації присвячені теоретичному обґрунтуванню та новому розв'язанню актуального наукового завдання з методичних підходів за оцінки селекційного матеріалу пшениці озимої харчового напрямку використання в умовах Центрального Лісостепу України.

Наукові методичні рекомендації адресовані науковцям, аспірантам, докторантам, викладачам навчальних закладів, студентам ЗВО та фахівцям агропромислових підприємств і різних форм власності.

За довідками звертатися:

Миронівський інститут пшениці імені В.°М. Ремесла НААН

Адреса: 08853, вул. Центральна 68, корп. 2, с. Центральне Обухівського району Київської області, тел. (077) –737–00–33

Центральне, 2025

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1. СЕЛЕКЦІЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ І ЯКІСТЬ ЗЕРНА ЯК ГАРАНТІЯ ПРОДОВОЛЬЧОЇ БЕЗПЕКИ В УМОВАХ ЗМІН КЛІМАТУ	6
2. УМОВИ, МАТЕРІАЛ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	7
3.МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ОЦІНКИ СЕЛЕКЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ХАРЧОВОГО НАПРЯМКУ ВИКОРИСТАННЯ В СЕЛЕКЦІЇ.....	13
3.1. Створення вихідного матеріалу: підбір батьківських компонентів і рекомбіногенез.....	14
3.2. Критерії добору за селекції методом педігрі.....	16
3.3. Особливості формотворчого процесу в гібридних популяціях F_1 – F_3	17
3.4. Прояв ступеня та частоти трансгресії за елементами структури продуктивності в F_2 , F_3	20
3.5. Кореляції між основними компонентними ознаками продуктивності колоса.....	23
3.6. Крупнозерність як важливий компонент урожайності пшениці озимої	24
3.7. Особливості створення та оцінки селекційного матеріалу пшениці озимої з високими показниками якості зерна	29
3.8. Адаптивність ліній пшениці озимої за комплексом цінних ознак в умовах Лісостепу України	31
4. РЕЗУЛЬТАТИ СЕЛЕКЦІЙНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	34
ВИСНОВКИ.....	39
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	41

ВСТУП

Пшениця є основною зерновою культурою у світі, від якої залежить основа продовольчої безпеки та формування експортного потенціалу держави [1, 2]. Не випадково вона основний продукт харчування у 43 країнах світу з населенням понад 1 млрд осіб. Тому, нарощування валових зборів високоякісного зерна пшениці озимої є одним із пріоритетних напрямків розвитку сільського господарства в Україні та світі [3]. На сучасному етапі розвитку сільського господарства сорт є одним із найефективніших методів підвищення врожайності продовольчого зерна з високими показниками якості, стійкості до абіотичних і біотичних чинників середовища, що є однією з головних проблем аграрного потенціалу України [4–6]. Створення адаптивних сортів з принципово новими характеристиками, здатністю забезпечити стабільну продуктивність у різних умовах довкілля та стійких до екстремальних умов вирощування – актуальна проблема сучасної селекції [7–10].

Попередні дослідження прогнозують, що ймовірність несприятливих погодних умов для пшениці може зрости за змін клімату, що призведе до частішого неврожаю в ключових регіонах вирощування пшениці в Європі [11]. Останніми роками значно зросла частка впливу погодних умов на продуктивність с.-г. культур, зокрема й головної зернової культури України – пшениці озимої. Протистояти цим явищам можна шляхом установлення сортових особливостей і підбором сортів із високими показниками адаптивності до конкретних умов вирощування [12–16]. Аналіз інформаційних джерел результатів іноземних і вітчизняних досліджень свідчить, що визначення адаптивного потенціалу сортів і раціональне використання їхніх можливостей формування максимального рівня продуктивності – реальний шлях ефективного використання поживних речовин і вологи рослинами протягом своєї вегетації завдяки оптимізації фізіологічного стану агроценозу [17–19]. Адаптивний потенціал сучасних сортів пшениці озимої має максимально розкриватися за оптимального співвідношення всіх чинників [20–22]. Протягом останнього століття індустріалізація сільського господарства та прогрес у селекції рослин призвели до збільшення врожайності пшениці [23, 24], що загалом задовольняло потреби в продуктах харчування швидкозростаючого населення світу. Однак нещодавня волатильність у світовій торгівлі пшеницею [25], прогнозоване збільшення приросту населення [26], а також вплив зміни клімату [27] та попиту понад пропозицію підкреслюють вразливість виробництва пшениці.

Відомо, що врожайність і якість зерна пшениці озимої формується внаслідок реалізації генетичних особливостей сорту у взаємодії з ґрунтово-кліматичними умовами й технологією вирощування [28–30]. Покращенню якості зерна селекційними методами надається велике значення [31]. Важливу роль в цьому процесі відіграє вихідний матеріал. У селекції на якість зерна значного поширення набула гібридизація з наступним багаторазовим індивідуальним добором. До теперішнього часу цей метод залишається основним у селекції на якість. За допомогою гібридизації можна поєднувати в одному генотипі потрібні ознаки та властивості, а завдяки генетичній рекомбінації й трансгресивній мінливості отримувати якісно новий вихідний матеріал. Одним із найпотужніших інструментів розширення генетичної мінливості пшениці, зокрема стосовно вмісту білка, є віддалена гібридизація [32]. Відомо, що дикорослі види при низькому рівні зернової продуктивності спроможні накопичувати гіпертрофовано велику кількість білка в зерні (до 30,0 %) [33]. Шляхом схрещування віддалених видів з високопродуктивними сортами пшениці озимої вдається суттєво підвищити вміст білка в одержаних ліній [34]. Дослідженнями українських учених показано позитивний ефект від схрещування *Triticum aestivum* L. та *Triticum spelta* L., зокрема істотне розширення наявного генетичного різноманіття пшениці, як м'якої, так і спельти, й отримання нових форм, у яких поєднується високий вміст білка та клейковини від спельти й висока продуктивність від пшениці м'якої [35–37].

На міжнародному ринку спостерігається зростання вимог до якості зерна. Спостерігається глобальна тенденція зміни якості зерна пшениці, яка характеризується зниженням загального вмісту білка та мінеральних поживних речовин [38]. Ця тенденція стала особливо помітною з 1960-х років і пов'язана з впровадженням високоврожайних сортів з коротким стеблом, а також із підвищенням температури повітря та вмісту CO₂ в ньому [39]. Через негативну кореляцію між продуктивністю та якістю зерна не досягнуто суттєвих результатів у збільшенні білковості зерна [40]. Поліпшення харчової цінності зерна основних злаків, є проблемою № 1 у розвинених країнах світу. Зерно злаків – головне харчове джерело унікальної дієтичної клітковини, рослинних антиоксидантів і ключових мінералів – 3-х складових, що становлять основу сучасної нутриціології і дієтології та здорового харчування. Питання харчової цінності зернових злаків в Україні має набути статусу стратегічної програми, спрямованої на оздоровлення української нації [41].

СЕЛЕКЦІЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ І ЯКІСТЬ ЗЕРНА ЯК ГАРАНТІЯ ПРОДОВОЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ В УМОВАХ ЗМІН КЛІМАТУ

Відповідно до прогнозу ООН населення Землі зросте на 50 % у наступні півстоліття і досягне близько 9,5 мільярдів людей. Щоб прогодувати таку масу населення, врожайність сільськогосподарських культур має зрости на 60 %. Серед продовольчих факторів рослинний білок має зараз і матиме в майбутньому стратегічне біологічне значення. Сьогодні частка загального рослинного білка, який споживає населення Землі, становить 57 %, а пшениця (*Triticum aestivum* L.) є другою за важливістю продовольчою культурою після рису, яка забезпечує 20 % добової норми білка в всьому світі [42, 43]. Не менше половини загальної кількості білка протягом останніх десятиліть людство стабільно отримує саме з зерна пшениці, яка культивується в глобальному масштабі та забезпечує майже п'яту частину загальної кількості споживаних калорій [44, 45]. Як наслідок, урожайність повинна продовжувати зростати, але темпи її зростання в процесі селекції сповільнюються та вже не є достатніми, щоб встигати за збільшенням населення планети [46]. Крім того, антропогенна зміна клімату означає, що рослинам доведеться витримувати більш високі рівні абіотичного стресу [47]. Дефіцит зерна пшениці може становити серйозну небезпеку для глобальної продовольчої безпеки [48]. Тому актуальним є питання збільшення як кількості білка пшениці (вмісту в зерні), так і його якості (технологічна та біологічна цінність) та є пріоритетом у генетичних дослідженнях культури пшениці в найближчому майбутньому.

Пшениця є важливою зерновою культурою в світі, а врожайність та якість зерна є двома основними цілями програм селекції пшениці. Упродовж останніх десятиліть головним напрямом у світовій селекції пшениці озимої було збільшення рівня врожайного потенціалу сорту, що призвело до зниження його стабільності. У нестійких або екстремальних екологічних умовах на тлі трансформації клімату високий потенціал урожайності не реалізується, тому адаптивність і гомеостатичність стають важливими чинниками реалізації цінних господарських ознак, закладених у високопродуктивних генотипах. Селекціонери працюють над створенням кращих сортів шляхом генетичного коригування складних полігенних ознак урожайності та якості, зберігаючи при цьому стабільність і географічну толерантність до біотичних і абіотичних викликів [49]. Зміна клімату має значний вплив на сільськогосподарську галузь, оскільки врожайність та якість зерна здебільшого визначаються умовами

навколишнього середовища [50]. Патогенні збудники хвороб і шкідники скорочують світове виробництво пшениці на 21,5 % щороку [51, 52]. Так, хвороби іржі, які є одними з найбільш економічно значущих захворювань, ставлять під загрозу світове виробництво пшениці впродовж усього вегетаційного періоду [53-55]. Отже, методи підвищення врожайності пшениці для збільшення виробництва якісного зерна включають такі стратегії, як використання бактеріальних поживних речовин, підвищення ефективності сонячної інсоляції, зменшення хімічного навантаження на екологію, підвищення стійкості до шкідливих факторів зовнішнього середовища (стресів, хвороб, шкідників), зменшення викидів у атмосферу шкідливих газів, посилення процесів фотосинтезу та генетичне удосконалення сортів. Такі багато обіцяючі підходи можуть підвищити адаптивність стійких агроecosystem шляхом підвищення рівня виробництва, зменшення негативних наслідків зміни клімату та підтримки продовольчої безпеки, а також здоров'я кожного жителя Землі [56]. У майбутньому зростатиме попит на якісну пшеницю, вирощену за дотримання належних екологічних стандартів, із мінімальним хімічним навантаженням. З огляду на актуальність і велике наукове, агрономічне, економічне та загальнодержавне значення вирішення проблеми створення високопродуктивних сортів з високою якістю зерна є дуже важливим в умовах трансформації клімату. Стратегії селекції повинні бути спрямовані на створення нових генотипів, краще адаптованих до мінливих умов навколишнього середовища, зі здатністю більш ефективно використовувати ресурси та поєднувати високу поживну цінність зерна з комплексом ознак, що впливають на рівень урожайності, з урахуванням генетичних варіацій вмісту білків і поживних речовин у геноплазмі пшениці, які контролюються генетично та суттєво реагують на умови вирощування.

УМОВИ, МАТЕРІАЛ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

У виробництві зерна велике значення мають ґрунтово-кліматичні та погодні умови, від яких залежать урожайність і якість вирощеної продукції. Важливість цього питання підкреслював видатний селекціонер Ремесло В. М., який зазначав, що «високий рівень агротехніки, майстерність хлібороба перш за все полягає в тому, щоб кожен захід по вирощуванню тієї або іншої культури і весь комплекс робіт здійснювати з найуважнішим урахуванням ґрунтових, кліматичних та інших природних умов даної місцевості, погодних умов даного року» [57]. Досліди в 2020/21–2024/25 вегетаційних роках проводили на полях селекційної сівозміни Миронівського інституту пшениці імені В. М. Ремесла

Національної академії аграрних наук України (МПП), яка територіально розташована в південно-східній частині Київської області на водорозділі річок Рось і Росава. У 2021 р. Державною установою «Інститут охорони ґрунтів України» було виконано агрохімічні дослідження зразків ґрунту селекційної сівозміни МПП (табл. 1).

Таблиця 1 – Агрохімічна характеристика ґрунту полів селекційної сівозміни МПП, 2021 р.

Агрохімічний показник		Одиниця виміру	Абсолютне значення	
Кислотність	обмінна	рН	5,44	
	гідролітична (за Каппеном)	мг-екв./100 г ґрунту	3,68	
Гумус (за Тюрінім)		%	3,75	
Азот, що легко гідролізується (за Корнфілдом)			148,85	
Рухомі сполуки (за Чириковим)	фосфору	мг/кг ґрунту	175,17	
	калію		89,47	
Рухомі форми	бору (у водній витяжці)		1,12	
	марганцю (за Пейве-Рінкісом)		28,43	
	(у буферній амонійно-ацетатній витяжці з рН 4,8)		міді	0,10
			цинку	0,25
			кадмію	0,08000
			свинцю	0,90000
Рівень забруднення цезієм-137			Кі/км ²	0,10900

За результатами цих досліджень у селекційній сівозміні МПП згідно з існуючими ДСТУ та методиками вміст гумусу – підвищений, забезпеченість гідролізованим азотом і міддю – низька, рухомих фосфором – висока, обмінним калієм – підвищена, марганцем – середня, цинком – дуже низька, бором – дуже висока. За рівнем забруднення цезієм-137 поля МПП розташовані в чистій зоні. Отже, рівень родючості чорнозему типового малогумусного середньо суглинкового на дослідних полях МПП достатній для одержання високої врожайності зерна пшениці м'якої озимої, що сприяло проведенню наукових досліджень і одержанню об'єктивних даних.

За період проведення досліджень агрометеорологічні умови відрізнялися від багаторічних показників за температурним режимом, кількістю атмосферних опадів та розподілом їх за місяцями, що є особливістю умов зони центральної частини Лісостепу України та значною мірою зумовлює зниження врожайності зерна в посушливі роки. У 2020/21–2024/25 рр. середньомісячна температура

повітря за вегетаційний період пшениці м'якої озимої перевищувала середній багаторічний показник на 0,4–2,6 °С. Підвищення температури повітря призводить до зменшення кількості опадів і посилення ризику тривалих посух, що є негативним трендом для виробництва зерна пшениці. Але більшою кліматичною проблемою в Україні є вологозабезпечення. Погодні умови в 2021/2022 рр. (ГТК = 0,80) були не дуже сприятливими для формування врожайності пшениці озимої: повітряно-грунтова посуха під час сівби, прохолодна весна та значні коливання добової температури повітря. Впродовж 2023/2024 р. посіви пшениці озимої відчували на собі посуху в осінній період, теплу зиму, яка згідно температурних показників тривала не більше місяця, тривалий бездощовий період, який супроводжувався не тільки підвищеною температурою повітря, але й значним її зниженням, що відмічали в той час, коли рослини знаходилися переважно вже у фазах колосіння, цвітіння. Усе це мало певний негативний вплив на формування рівня врожайності зерна. У 2020/21 р. спостерігали достатній (ГТК = 1,03) рівень зволоження, але з повітряно-грунтовою посухою під час сівби, коливанням термічного режиму впродовж доби навесні, перезволоженням і виляганням посівів під час дозрівання зерна, що також призвело до зниження продуктивності пшениці м'якої озимої. У весняно-літній період 2022/23 р. відмічали дефіцит вологи в травні-червні, але дуже важливими були квітневі опади (197,9 % від норми) на фоні температури повітря, близької до середньої багаторічної, з рівномірним розподілом впродовж перших двох декад, що мало позитивний вплив на рівень урожайності зерна. Спрацював екологічний ефект раннього ЧВВВ – коротка зима та тривала весна, коли температури повітря є винятково сприятливими для нарощування біомаси рослинами пшениці озимої. Погодні умови впродовж вегетації пшениці озимої в 2024/2025 р. (посуха в осінній період, тепла зима, прискорений розвиток рослин навесні) зі сприятливим гідротермічним режимом і раннім відновленням вегетації суттєво вплинули на формування високого потенціалу продуктивності.

Дослідження виконували впродовж 2020/21–2024/25 рр. на дослідних полях селекційної сівозміни МПП, у лабораторії селекції озимої пшениці. Агротехніка вирощування – загальноприйнята для зони Лісостепу України. Попередник – соя. Стандартом служив сорт Подолянка, створений спільно з Інститутом фізіології рослин і генетики НАНУ.

Матеріалом для досліджень слугували гібридні популяції F_1 – F_3 , потомства селекційного розсадника, лінії контрольного розсадника (КР); лінії конкурсного (КС) та попереднього (ПС) випробування. Новий вихідний матеріал створювали

методом внутрішньовидової гібридизації та індивідуального добору кращих за комплексом ознак колосів із гібридних популяцій. Підбір батьківських компонентів для схрещувань проводили за екологічним принципом, що обумовлює велике різноманіття гібридних нащадків при схрещуванні географічно віддалених форм. У програми схрещувань залучали сорти пшениці озимої селекції МПП (Подільська, МПП Княжна, МПП Ювілейна, МПП Паляниця миронівська); перспективні лінії конкурсного випробування з високим стабільним рівнем урожайності, адаптивності та якості зерна; високоякісні сорти Селекційно-генетичного інституту – Національного центру насіннєзнавства та сортовивчення НААН (СГІ–НЦНС): Покровська, Гейзер, Гладь; зразки спельти «Всеукраїнського наукового інституту селекції» (Зоря України, Європа). У більшості схрещувань за материнську форму використовували достатньо сорти або гомозиготні лінії місцевого походження, адаптовані до екологічних умов зони центральної частини Лісостепу України, високопродуктивні, зимостійкі, з високою якістю зерна, а в якості запилювачів – кращі сортозразки світової колекції, короткостеблові, ранньостиглі, посухостійкі, з груповою стійкістю до основних хвороб.

Гібридизація проводилась методом подвійного запилення під паперовим ізолятором у співвідношенні на один материнський колос три - п'ять колосів батьківської форми [58]. У випадках значної різниці між початком цвітіння співвідношення зменшувалось один до одного. Процес кастрації складався з трьох операцій, які виконувались по чергово на всіх колосах: видалення середніх квіток у кожному колоску; зрізування квіткових лусок і вилучення пиляків. Щоб не допустити браку, на колосах при підготовці залишають верхній колосок і обривають його тільки після виконання останньої операції. Такий підхід дозволяє збільшити кількість кастрованих колосів на 25 % (з 80 до 100). На одну гібридну комбінацію кастрували по 3 колоси на всю довжину (110–120 квіток, 80–180 гібридних зерен). Відсоток зав'язування зерен можна збільшити, якщо залишити не дві, а три квітки в одному колоску в його центральній частині (це ще додатково 14–16 зерен). Після проведення першого запилення колосся батьківських компонентів стимулювались механічним чином (рукою), розміщались на поверхні ґрунту. У природних умовах пилок пшениці зберігає здатність запліднювати впродовж 30–40 хвилин. Цього часу вистачає на проведення серії (20 комбінацій) підстановок. Через певний проміжок часу (15–30 хвилин в залежності від температури повітря та ґрунту, кількості сонячної інсоляції) з'являлись свіжі пиляки, які забезпечували успішне повторне запилення.

Середній відсоток зав'язування гібридних зерен в умовах восьми років був меншим за середнє по досліді (60,1 %). Для чотирьох років (2002, 1991, 2019, 1998) різниця становила від 5,8 % (1998) до 11,3 % (2002), при цьому в період гібридизації в 1991 і 2002 рр. були сприятливі погодні умови (рис 1).

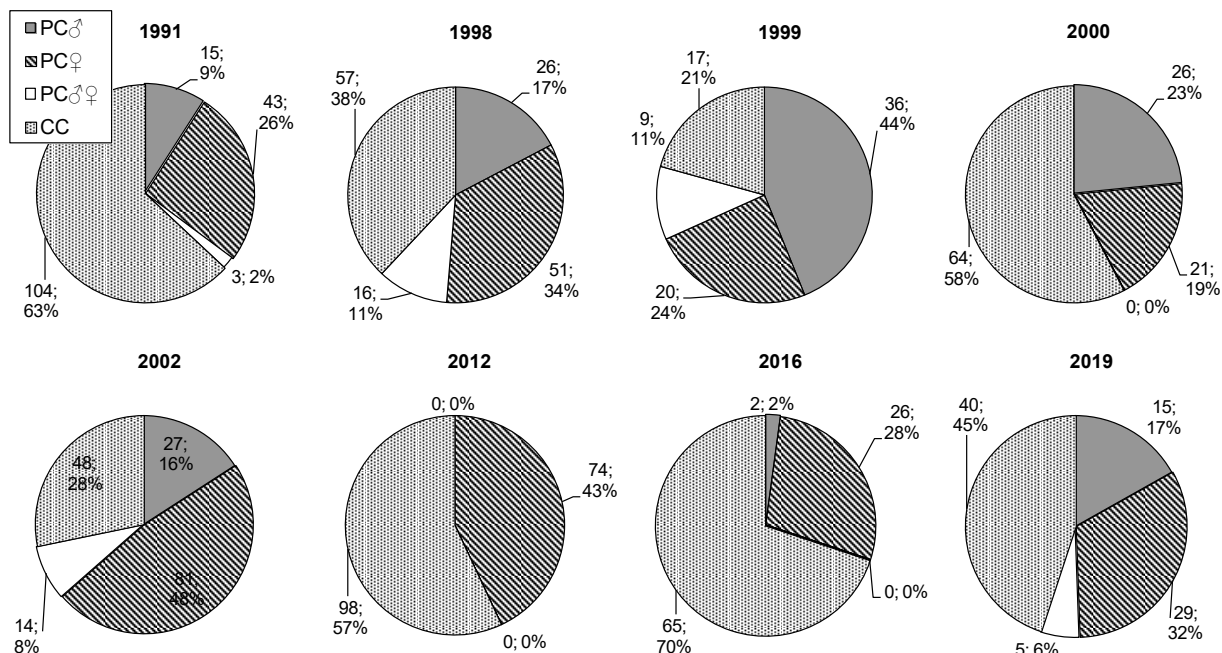


Рис. 1. Кількісний розподіл гібридних схрещувань в залежності від групи стиглості батьківських компонентів

Примітка: SS, PC – групи стиглості, форми компонентів схрещування: ♀ – материнська, ♂ – чоловіча.

Статистично достовірне (21,5–34,3 %) зниження показника відмітили в несприятливих умовах 2000, 2016, 1999, 2012 рр. Крім того, саме ці роки відрізнялись цілеспрямованим підбором компонентів для схрещувань, контрастних за тривалістю вегетаційного періоду. Група схрещувань середньостиглий / середньостиглий відносилась до найбільших за кількістю. Виключення становили 1999, 2002 рр., у яких переважали групи середньостиглий ↔ ранньостиглий.

Отже, відсоток зав'язування гібридних зерен залежав від погодних умов під час гібридизації та незбігу періодів цвітіння компонентів схрещування. Використання методу подвійного запилення дозволило прискорити процес кастрації пшениці м'якої озимої *Triticum aestivum* L., підвищити ефективність гібридизації, знизити затрати в часі та залежність від несприятливих погодних умов під час запилення. Результативність використання під час внутрішньовидової гібридизації методу подвійного запилення підтверджується

створеними за період досліджень сортами пшениці озимої – Мирич, Мирлена, Берегиня миронівська, Господиня миронівська, МПП Вишиванка, МПП Княжна, МПП Ассоль, Балада миронівська, МПП Дарунок, МПП Роксолана та лініями, переданими на Державну кваліфікаційну експертизу в УІЕСР у 2024 р., 2025 р. як нові сорти під назвами МПП Паляниця миронівська та МПП Єдність відповідно.

Фенологічні спостереження в процесі росту та розвитку пшениці м'якої озимої проводили шляхом візуальної оцінки посівів у основні фази вегетації (початок сходів, кущіння, відростання, початок виходу в трубку, колосіння, дозрівання) [59]. Початок фенофази фіксували, коли 10 % рослин, а кінець – 75 % увійшли до тієї або іншої фази розвитку. У польових умовах проводили візуальні оцінки зимостійкості (після відновлення весняної вегетації) та ураженості основними хворобами листя (борошнеста роса, бура іржа, септоріоз) у період максимального розвитку [60]. Аналіз хлібопекарської якості зерна сортів, селекційних ліній і гібридів пшениці м'якої озимої проводили в лабораторії якості зерна МПП за загальноприйнятими методиками [61, 62].

Аналіз гібридів і їх батьківських форм проводили індивідуально за ознаками висоти рослин та елементами продуктивності [63]. Ступінь фенотипового домінування в гібридів і фенотипових кореляційних зв'язків визначали за методиками [64, 65], частоту (Тч) та ступінь (Тс) позитивних трансгресій у F₂, F₃ – за [66]. Генетико-статистичний і дисперсійний аналіз проводили відповідно до методичних вказівок [67–69] з використанням комп'ютерних програм та Microsoft Excel і Statistica 8.0.

Для визначення адаптивності використали статистичні показники: середні арифметичні ознак \bar{X} – середнє по досліді; \bar{x} – середнє за рік; максимальні (x_{\max}) та мінімальні (x_{\min}) значення; розмах варіювання ($R = x_{\max} - x_{\min}$) як показник стресостійкості або толерантності; коефіцієнт варіації ($C_v, \%$). Показник компенсаційної здатності або середньої продуктивності генотипу $(x_{\min} + x_{\max}) / 2$ обчислювали за [70]. Показники пластичності b_i і стабільності S^2_{di} – за методикою S. A. Eberhart, W. A. Russell [71]. Параметри середовища, як фону для добору, показники адаптивної здатності та стабільності генотипів визначали за методикою А. В. Кільчевського, Л. В. Хотильової [72].

Показники ознак та параметрів адаптивності генотипів пшениці м'якої озимої ранжували (Z) за [73] і визначали інтегрований показник «рейтинг адаптивності сорту» за [74]. Середнє значення ознаки в досліді, або середнє числове значення статистичного показника використовували як базу для порівняння при аналізі. Для розрахунку рейтингу адаптивності середню

врожайність зерна кожного генотипу поділили на її середній ранг [75]. Вище місце в ранжуванні призначали показникам: при більшому числовому значенні – середня врожайність (\bar{X}); максимальна та мінімальна врожайність (x_{\max} , x_{\min}) компенсаторна здатність $(x_{\max} + x_{\min})/2$; гомеостатичність (Ном), селекційна цінність генотипу (Sc); при меншому числовому значенні – стандартне відхилення (S); стресостійкість ($x_{\max} - x_{\min}$); коефіцієнт варіації (Cv, %), як міра відносної стабільності, середньоквадратичне відхилення (S^2d_i), як варіанси стабільності. За показником коефіцієнта регресії, найвищий ранг мали лінії пшениці озимої з $b_i = 1$. Позиції знижувались по мірі віддалення від одиниці як у бік збільшення, так і в бік зменшення.

МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ОЦІНКИ СЕЛЕКЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ХАРЧОВОГО НАПРЯМКУ ВИКОРИСТАННЯ

Питання про вплив окремих ознак продуктивності на урожайність досить складне, тому дуже важлива необхідність розробки теоретичних основ і процесів формування врожайності зерна в цілому і продуктивності колоса, зокрема. Паралельне вивчення розвитку продуктивних і генеративних органів необхідне для визначення залежності між окремими компонентами продуктивності колосу і можливості її використання в селекції та агротехніці пшениці озимої [76]. Несприятливі погодні явища (підвищені температури повітря, тривалі періоди без опадів у поєднанні з ґрунтовою та повітряною посухою, в зимовий період – відсутність снігового покриву, відлиги та ін.), які посилились в останні роки, вимагають створення нових сортів пшениці озимої з високою адаптивністю, спроможних стабільно формувати врожайність зерна з високою якістю. У результаті схрещування сортів, різних за морфологічними, біологічними та фізіологічними ознаками, з різним рівнем генетичного потенціалу продуктивності й стійкості до біотичних і абіотичних несприятливих факторів середовища утворюється велика кількість генетично змінених форм від кількох батьків, об'єднаних в одному генотипі. Таке різноманіття рекомбінантів слугує вихідним матеріалом для подальшого створення якісно нових генотипів у тісному зв'язку з умовами середовища [77].

Створення вихідного матеріалу: підбір батьківських компонентів і рекомбіногенез

Шляхом схрещування можна поєднувати в одному організмі ознаки та властивості генотипів, що залучаються до гібридизації, а добором у наступних поколіннях – виділяти й розмножувати якісно нові генотипи для створення сортів. У лабораторії селекції озимої пшениці Миронівського інституту пшениці імені В. М. Ремесла НААН України (МІП) щорічно виконується селекційна робота, яка базується на створенні гібридних новоутворень методом гібридизації, проведенні інтенсивного цілеспрямованого добору, використанні прямих та експрес-методів оцінки з метою визначити різницю в ступені прояву реакції на стресові фактори довкілля, моніторингу за якістю зерна, стійкістю проти хвороб, морозо- та посухостійкістю. На першому етапі селекції було визначено напрям селекції з урахуванням агроекологічних умов зони Лісостепу та факторів, які негативно впливають на рівень потенційної врожайності сорту. Актуальність наукових досліджень зумовив той факт, що в сучасних умовах лише шляхом створення та впровадження високоврожайних, конкурентоспроможних сортів з агроекологічною пластичністю та підвищеною адаптивністю до несприятливих та екстремальних умов середовища можна стабілізувати та підвищити врожайність зерна та покращити показники якості зерна. Метою роботи було створення селекційного матеріалу та стабільних сортів різних напрямів використання зерна, з високим рівнем позитивної реакції на різні погодні умови за змін клімату, з високим потенціалом урожайності та якості зерна, генетично детермінованою стійкістю до біотичних та абіотичних чинників довкілля. Основна ідея полягала в створенні нових високопродуктивних сортів пшениці озимої з поліпшеними показниками якості зерна, які за прогнозованого збільшення приросту населення, а також впливу змін клімату, забезпечать внутрішні потреби держави з виробництва якісної харчової продукції та лідерські позиції з експорту зерна на світовому ринку. Робоча гіпотеза базувалась на припущенні, що інтеграція сучасних селекційно-генетичних підходів з урахуванням встановлених закономірностей формування врожайності зерна в цілому й продуктивності колоса, показників якості зерна (вміст білка та клейковини, показник седиментації) та комплексна оцінка адаптивного потенціалу селекційних ліній пшениці озимої дозволить створити нові сорти пшениці озимої з високим рівнем прояву цінних ознак.

Генетичною основою селекції пшениці в МІП є базова колекція пшениці м'якої озимої, яка нараховує 1844 зразки з понад 46 країн світу. На першому етапі селекції було виділено зразки пшениці м'якої озимої з підвищеним потенціалом адаптивності за цінними ознаками й властивостями та з урахуванням їхньої

динаміки впродовж вегетаційного періоду: фізіологічних (темпи росту та розвитку рослин на різних етапах онтогенезу; загартування до умов зимівлі; тривалість яровизаційної потреби; фотоперіодична чутливість); генетичних (комбінаційна здатність за продуктивністю; наявність специфічних молекулярних маркерів) і біохімічних (вміст цукрів у вузлі кушення; вихід електролітів з тканин листків). На основі скринінгу вихідних форм з колекційного розсадника, екологічного сортовипробування, розсадників вищих ланок селекційного процесу, інтрогресивного матеріалу відділу біотехнології, генетики і фізіології в програми схрещувань були залучені джерела батьківської зародкової плазми з комплексом цінних господарських ознак. Підбір батьківських пар проводили за екологічним принципом: гени, які контролюють будь-яку ознаку в різних екологічних нішах, утворюють специфічні асоціації й тому різняться між собою, що обумовлює велике різноманіття гібридних нащадків при схрещуванні географічно та екологічно віддалених форм. Внаслідок дослідження зразків у конкретних умовах року з урахуванням всіх одержаних даних польових і лабораторних досліджень кращі генотипи залучались як батьківські компоненти в програми схрещувань, тобто кожен зразок вихідного матеріалу – в цілому за комплексом ознак, а не за однією ознакою. Гібридизація базувалась на принципі, розробленому провідними селекціонерами установи, коли за материнську форму використовували достатньо гомозиготні лінії або сорти місцевої селекції, адаптовані до екологічних умов зони, високопродуктивні, зимостійкі, а за батьківську форму – кращі зразки світової колекції, короткостеблові, ранньостиглі, посухостійкі, з груповою стійкістю до основних хвороб. За підбору батьківських компонентів необхідно враховувати не тільки потенціал урожайності та якості зерна, але й стабільність їх прояву особливо за несприятливих умов середовища, з меншим розмахом варіювання значень ознак. Використовували різні схеми схрещувань: парні А / В, потрійні А /В // С, ступінчасті, беккроси А / В // В. Найкращий ефект за добору бажаних генотипів досягли, коли залучали до схрещувань батьківські компоненти, що різнилися між собою за однією-двома ознаками, що забезпечило в подальшому більш швидкий успіх у селекції. Залучення до гібридизації широкого спектру сортів і перспективних ліній МП, сортозразків різних екологічних зон України та ближнього й дальнього зарубіжжя дало змогу отримати значний розмах генетичної мінливості. Виділено сорти Подолянка, МП Ассоль, Грація миронівська, МП Дніпрянка, МП Ювілейна, МП Дарунок, МП Паляниця миронівська, які сформували елементи продуктивності з високим

рівнем стабільності, незалежно від строків сівби та умов року вирощування, що свідчить про їх високу адаптивну здатність. Для створення нових високопродуктивних сортів пшениці озимої для умов центральної частини Лісостепу України вищевказані генотипи необхідно включати в програми схрещувань як цінні батьківські компоненти.

Критерії добору за селекції методом педігрі

На другому етапі селекції в розсаднику F_1 за порівняння зі стандартом і батьківськими формами виділяли кращі гібридні комбінації за комплексом цінних ознак. Бракувалися гібриди першого покоління з високим рівнем ураженості бурюю іржею, септоріозом листків, фузаріозом колосу, високорослі (висота рослин понад 130 см), пізньостиглі (виколошувались пізніше за стандарт на 6–7 діб), з малопродуктивним колосом і ті, які не відповідали за фенотипом поставленим задачам. Добір з перших етапів селекційного процесу по створенню вихідного матеріалу був головною частиною селекційної роботи по створенню високопродуктивних сортів пшениці озимої. За селекції методом педігрі добір елітних колосів починали з F_2 і продовжували безперервно в ряді послідуєчих поколінь. Індивідуальні добори по колосу в гібридних розсадниках проводили з урахуванням висоти (80–110 см), стійкості до вилягання (9 балів) і хвороб (ураженість 5–25 %), раціональної архітектоники рослини, продуктивної куцистості (4–6 стебел), тривалості функціонування асиміляційної поверхні в період наливу зерна, величини колосу, його форми, щільності, редукції верхніх і нижніх колосків, розташування в просторі, синхронності розвитку пагонів. Добір із гібридних популяцій трансгресивних форм за продуктивністю під час обмолоту колосів та візуальної оцінки з подальшою їх генетичною стабілізацією суттєво підвищував ефективність селекційного процесу. Щорічно проводиться поетапна оцінка селекційного матеріалу на високу врожайність, якість і адаптивність за морфологічними властивостями зерна: кількість зерен у головному колосі, їх крупність, лінійні розміри зернівки, виповненість, скловидність, ураженість хворобами та шкідниками, які одночасно є показниками адаптивності генотипу, його реакції на умови середовища. Візуальний метод оцінки зерна є найбільш доступним, достовірним і найбільш продуктивним. Кількість доборів залежала від селекційної цінності гібридної комбінації, характеру розщеплення за фенотипом, типу схрещувань і залучених батьківських компонентів, а також від умов року (30–100 колосів на комбінацію). У

вищих ланках селекційного процесу ведеться жорстке бракування за рівнем урожайності (не нижче стандарту), показників якості та комплексом ознак (зимостійкість 9 балів; висота рослин не рівні 85–110 см, стійкість до вилягання 8–9 балів; тривалість вегетаційного періоду на 2–4 доби раніше стандарту; ураженість хворобами на рівні 5–15 %; подовжене функціонування прапорцевого листка у період формування - наливу зерна). Під час оцінки створеного матеріалу значну увагу приділяли фізичному показнику якості зерна – скловидності, яка пов'язана з хлібопекарськими властивостями генотипу для групи сильних пшениць, для цінних – враховували вміст білка та клейковини. Селекційний процес на всіх етапах досліджень базувався на порівнянні рівня прояву ознак гібридних новоутворень із стандартним сортом, адаптованим до умов Лісостепу України. Відносно стандарту третина схрещувань перевищувала його за комплексом ознак: урожайністю й оцінкою перезимівлі, тривалістю вегетаційного періоду та висотою рослин (виколювались раніше та формували нижче стебло). Більшість (75 %) гібридних комбінацій була на рівні стандарту за стійкістю до борошнистої роси, септоріозу листя, краще нього – за стійкістю до бурої іржі, кількістю зерен у головному колосі масою 1000 зерен.

Особливості формотворчого процесу в гібридних популяціях F₁–F₃

На ранніх етапах селекції пшениці озимої для аналізу результатів гібридизації важливо обрати систему ознак, за якими добір елітних рослин дозволить досягти певного генетичного прогресу та призведе до підвищення урожайного потенціалу. Особливості формування елементів продуктивності рослин, які об'єктивно впливають на рівень урожайності зерна, можуть бути надійними критеріями для вирішення головної задачі в селекції пшениці озимої – підвищити потенціал урожайності зерна з урахуванням регіональних змін клімату. Дослідження характеру успадкування параметрів цінних господарських ознак, ступеня гетерозису в гібридів першого покоління та частоти й ступеня трансресій у гібридних популяціях пшениці м'якої озимої є актуальним завданням при створенні високопродуктивних сортів з високою якістю зерна, а також для прогнозування селекційно-генетичного ефекту схрещувань. У гібридних популяціях F₁–F₃ проводили вивчення мінливості цінних ознак, визначали рівень їх успадкування та зв'язок між ними. Аналіз гібридів першого покоління показав, що ефект гетерозису частіше виявлявся за однією (29 %), рідше – за двома (13 %), зрідка – за більшою кількістю ознак, а частота

новоутворень з наддомінуванням була максимальною в задовільних і несприятливих за погодними умовами роках. Відомо, що одним із шляхів покращення продуктивності сорту може бути збільшення кількості зерен у колосі. Ознака є найбільш стабільною, спадковість кількості зерен у колосі більш достовірна і вести добір за цією ознакою ефективно. Показник значною мірою визначається впливом різних умов середовища і, передусім, метеорологічних. Виявлено, що основним типом успадкування кількості зерен у головному колосі F₁ було наддомінування – 56,7 % (2020 р.); 86,7 % (2021 р.); 83,3 % (2022 р.) (табл. 2).

Таблиця 2 – Ступінь фенотипового домінування за ознакою «кількість зерен у головному колосі» в F₁ пшениці озимої

Гібридна комбінація	2020 р.		2021 р.		2022 р.	
	hp	*	hp	*	hp	*
МІП Ювілейна / ЕР 55023	0,9	ЧПД	4,9	НД	1,3	НД
МІП Ювілейна / МІП Ассоль	-0,4	ПУ	1,6	НД	0,9	ЧПД
МІП Ювілейна / Подолянка	1,4	НД	0,7	ЧПД	1,7	НД
МІП Ювілейна / ЛЮТ 37519	-3,4	Д	1,1	НД	0,2	ПУ
МІП Ювілейна / ЛЮТ 55198	2,6	НД	3,1	НД	1,8	НД
ЕР 55023 / МІП Ювілейна	3,0	НД	2,2	НД	3,2	НД
ЕР 55023 / МІП Ассоль	0,0	ПУ	1,3	НД	1,2	НД
ЕР 55023 / Подолянка	5,5	НД	10,0	НД	9,7	НД
ЕР 55023 / ЛЮТ 37519	0,1	ПУ	5,9	НД	2,0	НД
ЕР 55023 / ЛЮТ 55198	2,4	НД	8,6	НД	1,9	НД
МІП Ассоль / ЕР 55023	1,5	НД	2,6	НД	2,0	НД
МІП Ассоль / МІП Ювілейна	3,1	НД	4,3	НД	4,1	НД
МІП Ассоль / Подолянка	0,2	ПУ	2,8	НД	3,9	НД
МІП Ассоль / ЛЮТ 37519	2,3	НД	1,5	НД	4,5	НД
МІП Ассоль / ЛЮТ 55198	2,7	НД	0,9	ЧПД	0,8	ЧПД
Подолянка / ЕР 55023	6,4	НД	5,6	НД	7,2	НД
Подолянка / МІП Ассоль	0,3	ПУ	2,0	НД	2,1	НД
Подолянка / МІП Ювілейна	-0,2	ПУ	-2,0	Д	2,2	НД
Подолянка / ЛЮТ 37519	2,2	НД	3,2	НД	1,5	НД
Подолянка / ЛЮТ 55198	2,9	НД	5,1	НД	5,0	НД
ЛЮТ 37519 / ЕР 55023	0,6	ЧПД	6,7	НД	3,7	НД
<i>Продовження таблиці</i>						
ЛЮТ 37519 / МІП Ассоль	0,6	ЧПД	2,3	НД	7,9	НД

ЛЮТ 37519 / МП Ювілейна	0,9	ЧПД	1,9	НД	20,1	НД
ЛЮТ 37519 / Подолянка	0,9	ЧПД	3,1	НД	3,8	НД
ЛЮТ 37519 / ЛЮТ 55198	2,9	НД	16,3	НД	1,1	НД
ЛЮТ 55198 / ЕР 55023	3,4	НД	10,4	НД	1,3	НД
ЛЮТ 55198 / МП Ассоль	0,7	ЧПД	1,7	НД	1,0	ЧПД
ЛЮТ 55198 / МП Ювілейна	3,9	НД	0,9	ЧПД	0,0	ПУ
ЛЮТ 55198 / Подолянка	2,4	НД	2,0	НД	1,5	НД
ЛЮТ 55198 / ЛЮТ 37519	9,3	НД	19,8	НД	3,5	НД

Примітки: hr – ступінь фенотипового домінування; * – тип успадкування; НД – гетерозис (наддомінування); ЧПД – часткове позитивне домінування; ПУ – проміжне успадкування; Д – депресія; ЕР – еритроспермум; ЛЮТ – лютеценс.

У середньому за роки досліджень ознака у батьківських компонентів варіювала від 34,60 шт. у селекційної лінії ЛЮТ 37519 до 58,69 шт. – у ЛЮТ 55198. У гібридних комбінаціях кількість зерен у головному колосі знаходилась у межах від 37,64 шт. у 2021 р. до 66,06 шт. у 2022 р. Максимальною середня кількість зерен (60,38 шт.) у гібридів була у 2022 р., проти 53,25 шт. у 2020 р. і 41,70 шт. у 2021 р. Гібридні комбінації, які виявили наддомінування та часткове позитивне домінування, мали позитивне значення гіпотетичного та істинного гетерозису. Найпоширенішим типом успадкування кількості зерен у головному колосів роки досліджень було наддомінування. Особливу цінність мали гібридні комбінації пшениці озимої, в яких наддомінування простежували з року в рік з позитивним значенням гіпотетичного та істинного гетерозису.

Відмічено стабільний прояв гетерозису у двох поколіннях гібридів за ознаками продуктивності «довжина колоса» і «маса 1000 зерен». Простежено затухання прояву гетерозисного ефекту за кількістю зерен у головному колосі та маси зерна з нього – частка гібридів з наддомінуванням знижувалась від 83 % (F₁) до 44 % (F₂) і від 78 % (F₁) до 44 % (F₂) відповідно. З'ясовано, що істотно менше (17 %) було багатоколоскових гібридів другого покоління в порівнянні з F₁(59 %). Доведено, що у створеному вихідному матеріалі відбувається широкий формотворчий процес, який сприятиме підвищенню ефективності добору високопродуктивних генотипів в умовах Лісостепу України.

Прояв ступеня та частоти трансгресії за елементами структури продуктивності в F₂, F₃

Добір із гібридних популяцій під час обмолоту колосів та візуальної оцінки по зерну трансгресивних форм з комплексом ознак з урахуванням даних фенологічних спостережень з подальшою їх генетичною стабілізацією суттєво підвищував ефективність селекційного процесу. Установлено високий рівень частоти та ступеня прояву позитивних трансгресій у гібридів пшениці озимої другого і третього покоління, що визначалось поєднанням компонентів схрещувань, величиною ступеня домінування, а також залежало від кількісної ознаки продуктивності та умов року. Для підвищення продуктивного та адаптивного потенціалу пшениці озимої важливим є встановлення закономірностей формування позитивних рекомбінантів у гібридних популяціях за озерненістю колоса. Кількість зерен у головному колосі батьківських рослин варіювала в межах від 35,1 шт. до 42,2 шт., а в популяціях F₂ даний показник сягав 37,0–45,4 шт. Більшість гібридів перевищували батьківські компоненти, що свідчить про значне формоутворення з максимальним проявом кількості зерен у головному колосі та вказує на ефективність доборів на високу продуктивність колоса (табл. 3).

Таблиця 3 – Ступінь і частота трансгресії за ознакою «кількість зерен у головному колосі» в F₂, F₃ пшениці м'якої озимої (2021, 2022 рр.)

Гібридна комбінація	F2		F3	
	Tс, %	Tч, %	Tс, %	Tч, %
МІП Ювілейна / Подолянка	7,97	20,00	-8,83	0,00
МІП Ювілейна / ЛЮТ 37519	15,44	23,33	18,01	23,33
ЕР 55023 / МІП Ювілейна	15,11	30,00	12,45	13,33
ЕР 55023 / Подолянка	16,55	16,67	3,49	6,67
ЕР 55023 / ЛЮТ 37519	21,58	40,00	-19,43	0,00
ЕР 55023 / ЛЮТ 55198	30,22	33,33	9,84	3,33
МІП Ассоль / ЕР 55023	12,50	13,33	-5,60	3,33
МІП Ассоль / МІП Ювілейна	6,25	10,00	-25,79	0,00
МІП Ассоль / Подолянка	-2,78	0,00	-21,31	0,00
МІП Ассоль / ЛЮТ 37519	0,00	0,00	12,60	13,33
<i>Продовження таблиці</i>				
МІП Ассоль / ЛЮТ 55198	2,08	6,67	-6,58	3,33
Подолянка / ЕР 55023	23,02	40,00	-4,59	0,00

Подільянка / МП Ассоль	-6,94	0,00	11,64	16,67
Подільянка / МП Ювілейна	2,17	6,67	-7,25	0,00
Подільянка / ЛЮТ 37519	-0,72	3,33	-28,89	0,00
Подільянка / ЛЮТ 55198	18,12	40,00	7,64	3,33
ЛЮТ 37519 / МП Ассоль	0,69	3,33	-34,19	0,00
ЛЮТ 37519 / МП Ювілейна	8,09	16,67	-26,57	0,00
ЛЮТ 37519 / ЛЮТ 55198	24,39	30,00	26,37	16,67
ЛЮТ 55198 / ЕР 55023	10,79	23,33	12,17	13,33
ЛЮТ 55198 / МП Ювілейна	8,82	10,00	-6,16	0,00
ЛЮТ 55198 / Подільянка	6,52	13,33	11,62	3,33
ЛЮТ 55198 / ЛЮТ 37519	17,89	30,00	13,06	23,33

Примітки: Тс – ступінь трансгресії; Тч – частота трансгресії.

У F₃ встановлено як позитивний, так і негативний ступінь трансгресії за ознакою «кількість зерен у головному колосі» з варіюванням від -34,19 % до 26,37 %. Рівень ознаки в F₃ був у межах від 36,00 до 48,90 шт., а у батьківських форм – від 39,40 до 52,49 шт. На формування ознаки та показників ступеня та частоти трансгресивних рекомбінантів мали вплив батьківські компоненти – селекційні лінії ЕР 55023 і ЛЮТ 55198.

У селекційній практиці масі зерна з головного колоса завжди відводилося одне з центральних місць. Варто зазначити, що більшість гібридних комбінацій за масою зерна з головного колоса перевищувала значення материнської форми, що свідчить про значний формотворчий процес. Частота трансгресивних рекомбінантів варіювала від 3,33 % до 83,33 %. У F₃ пшениці м'якої озимої позитивний ступінь і частоту трансгресії за ознакою виявлено в гібридних комбінаціях, у яких у F₁ спостерігали проміжний тип успадкування та наддомінування, маса зерна з головного колоса знаходилася в межах від 1,60 до 2,20 г, середня по досліді становила 1,76 г, ліміти батьківських компонентів – 1,80–2,38 г. Необхідно зазначити, що в комбінаціях F₃ порівняно з F₂ знизилась показники маси зерна з головного колоса та ступінь і частота трансгресії. Тому найбільш цінними для добору за масою зерна з головного колоса є гібридні комбінації, які проявили найвищий ступінь і частоту трансгресії в F₂ і підтвердили тенденцію в F₃, що вказує на неалельну взаємодію генів і є основою для виникнення трансгресивних форм і ефективного добору генотипів з високою продуктивністю колоса.

Максимальний ступінь позитивної трансгресії був за ознаками «маса зерна з колоса» і «маса 1000 зерен» з лімітами $2,07 \div 58,26 \%$ і $3,20 \div 54,96 \%$ відповідно, мінімальний ($5,56 \div 5,88 \%$) – за ознакою «кількість продуктивних стебел». Найбільшу частоту утворення форм, що переважали кращий батьківський компонент в популяціях гібридів F_2 , встановлено за ознаками «довжина колоса» та «маса 1000 зерен» – $3,33 \div 63,33 \%$ і $13,33 \div 96,67 \%$ відповідно. Частка вищеплення трансгресивних форм за більшістю ознак продуктивності зменшувалась у гібридів третього покоління. Виняток становила маса 1000 зерен – відмічено комбінації, в яких відсоток форм, що перевищували батьків, залишився на рівні F_2 /перевищив або знизився несуттєво: ЕР 55023 / МП Ювілейна, Подолянка / МП Ювілейна ($Tч = 20,00 \%$), МП Ювілейна / Подолянка ($F_2 - Tч = 20,00 \%$; $F_3 - Tч = 13,33 \%$), МП Ассоль / ЛЮТ 37519 і Подолянка / ЕР 55023 ($F_2 - Tч = 10,00 \%$ і $33,33 \%$; $F_3 - Tч = 6,67 \%$ і $26,67 \%$ відповідно). У F_3 виявлено тенденцію до зниження показників елементів продуктивності колоса, ступеня та частоти трансгресій порівняно з F_2 . Селекційну цінність становили гібриди, які мали проміжне положення або були на рівні кращої батьківської форми, особливо в комбінаціях з суттєвою різницею за проявом ознак між батьками. Встановлено високий ступінь позитивної трансгресії в нащадків селекційного розсадника: $96,7 \%$ випадків – за довжиною головного колоса; $80,9 \%$ – за кількістю зернин з головного колоса, $97,5 \%$ – за вагою зерна. Виділено на основі встановлених ступеню та частоти появи позитивних трансгресій гібридні комбінації та нащадки в селекційному розсаднику, як цінний вихідний матеріал для добору трансгресивних форм у більш пізніх поколіннях. Для використання в селекційному процесі на адаптивність, продуктивність і якість зерна виокремили лінії з високими значеннями вмісту білка та клейковини в поєднанні з низькими коефіцієнтами варіації та комплексом цінних ознак. Виявлено перспективні популяції гібридів F_2 пшениці озимої, які за елементами продуктивності колоса в більшості випадків мали значну кількість трансгресивних рослин і досить високий рівень прояву ознак.

Кореляції між основними компонентними ознаками продуктивності колоса

Відомо, що параметри ознак рослин знаходяться в певній залежності між собою. Селекціонеру необхідно знати, за якими ознаками добір буде найбільш

ефективний, тому вивчення кореляцій між цінними господарськими ознаками має важливе значення в селекції. Добір буде ефективним, якщо його вести за ознаками, що мають істотний позитивний зв'язок з продуктивністю. Реакцію ліній пшениці озимої на зміну умов середовища через коефіцієнти кореляції між кількісними ознаками було визначено в різні за гідротермічним режимом роки. Якщо ознака тісно корелювала з продуктивністю, то ефективність добору саме за нею збільшувалась, особливо на ранніх етапах селекції. За результатами кореляційного аналізу підвищення врожайності ліній пшениці озимої було суттєво пов'язано з усіма елементами структури продуктивності, що свідчить про пряму залежність між ознаками. Визначено, що кореляції мали високий рівень ($r = 0,72 \div 0,97$) і були достатньо стабільними в різних погодних умовах, що можна пояснити постійним доббором у селекційному процесі під час створення сортів і перспективних ліній пшениці озимої з підвищеними озерненістю колоса, крупністю зерна, його масою, тобто на високу врожайність і стійкість до стресорів. Установлено високі та середні позитивні коефіцієнти кореляції між урожайністю та кількістю зерен з колоса ($r = 0,51 \div 0,96$), масою зерна з колосу ($r = 0,49 \div 0,93$). Отже, можна зробити висновок, що добір на врожайність в умовах центральної частини Лісостепу України необхідно проводити за кількістю зерен і їх масою з колоса. Не виявлено негативного зв'язку між урожайністю і складовими ознаками продуктивності колосу та рослини, що сприяє ефективному спрямованому добору цінних високоврожайних генотипів. Позитивні кореляції мали високий рівень ($r = 0,72 \div 0,97$) і були достатньо стабільними в різних погодних умовах.

Виявлено, що підвищення врожайності зерна пшениці озимої залежало практично від усіх елементів структури, що сприятиме добору високопродуктивних генотипів. Незалежно від умов року та покоління гібридів доведено стабільний тісний зв'язок між: кількістю зерен з головного колоса та масою зерен з колоса ($r = 0,63 - 0,88$) і з рослини ($r = 0,22 - 0,57$); довжиною колоса та кількістю колосків ($r = 0,44 - 0,82$), зерен ($r = 0,41 - 0,62$) і їх масою ($r = 0,38 - 0,63$); масою зерен з колоса та масою їх з рослини ($r = 0,24 - 0,74$) і 1000 зерен ($r = 0,59 - 0,83$); масою 1000 зерен і масою їх з рослини ($r = 0,31 - 0,63$). Коефіцієнти кореляції між основними компонентними ознаками продуктивності колоса (озерненість і маса зерен) підвищувались у роки з посушливими умовами, коли зростав вплив негативних чинників середовища, та зменшувались у сприятливих. Достовірні кореляції між урожайністю та озерненістю колоса, масою зерна з нього та масою 1000 зерен свідчать про їх ключову роль у

формуванні продуктивності рослин пшениці м'якої озимої в умовах Лісостепу України.

Крупнозерність як важливий компонент урожайності пшениці озимої

Маса 1000 зерен (TKW) є важливим компонентом урожайності пшениці (*Triticum aestivum* L.) і відіграла вирішальну роль у підвищенні продуктивності впродовж останніх десятиліть. Існує суттєва пряма залежність урожайності зерна пшениці озимої від маси 1000 зерен [78, 79]. Демидов та ін. відмічали, що в гібридних популяціях F_2 – F_4 пшениці озимої спостерігали різної сили та напрямку кореляції між крупністю зерна та елементами структури врожайності [80]. Маса 1000 зерен – видовий показник, який значною мірою залежить від сорту та умов формування насіння. Маса 1000 зерен є важливим показником продуктивності сорту, а також ознакою, що непрямо характеризує його підвищену посухостійкість та жаровитривалість [81]. У наших дослідженнях лінії пшениці озимої, що сформували в гостро посушливих умовах вищу масу 1000 зерен, мали більший рівень урожайності, що свідчило про їх властивість толерантно реагувати на абіотичний стрес. Моргун та ін. (2015), спираючись на багаторічний досвід, дійшли висновку, що маса 1000 зерен відносилась до найбільш стабільних показників [82]. За результатами наших досліджень стабільність ознаки підтверджується порівнянням внеску в загальну дисперсію факторів впливу, різниця між якими становила 12,3 % (стабільність середня) і 27,2 % (висока). Ознака має високий спадковий контроль і значну селекційну цінність, що підтвердилось внеском генотипу (47,5 %; 55,1 %), тому добір стабільних за крупністю зерна генотипів дозволив досягти поставленої мети. Аналіз результатів досліджень дозволяє зазначити, що одним із аспектів створення цінного вихідного матеріалу з високою масою 1000 зерен є збільшення тиску добору за ознакою. Тому на ранніх етапах селекції для достовірної оцінки постійно ведеться жорстке бракування як за кількістю зерен у колосі, так і за їх крупністю. При цьому обов'язковим є одночасний контроль за врожайністю та іншими цінними ознаками, які визначені в рамках програм селекції, що впливає на прийняття рішення щодо остаточного добору. Важливо враховувати обсяги гібридних популяцій, щоб не знизити об'єктивність фенотипування в селекційному процесі. У популяціях гібридів F_2 – F_4 частка морфобіотипів, найбільш продуктивних за кількістю зерен у головному колосі, їх крупністю та з візуальною оцінкою по зерну не нижче чотирьох балів, становила 3–10 %. Це

призвело до зміни середнього популяційного значення за масою 1000 зерен у бік збільшення: відібрані за період 2014–2023 рр. нащадки селекційного розсадника мали амплітуду коливання середнього показника від 40,5 г (2020 р.) до 48,6 г (2023 р.). Необхідно зазначити, що за зміни посушливості клімату в умовах Лісостепу в посівний період, під час відновлення весняної вегетації та наливу зерна важливо прослідкувати вплив навколишнього середовища на рівень прояву ознаки в комплексі з посухостійкістю рослин, що дає змогу коригувати помилки під час фенотипової оцінки. У посушливі роки відмічали, що позитивний зв'язок ознаки з продуктивністю підвищувався.

З урахуванням вищенаведених особливостей селекції було створено цінний вихідний матеріал. Найбільш крупне зерно сформували лінії контрольного розсадника в умовах 2024 р. (середнє значення по досліді – 55,7 г; у стандарті – 50,7 г). Мінімальне (40,5 г) середнє значення показника було в посушливому 2020 р., тільки в 11 ліній відмічали рівень вище за стандарт (42,8 г). Аналіз коефіцієнтів варіації показав низький ступінь варіювання за масою 1000 зерен (табл. 4).

Таблиця 4 – Рівень прояву маси 1000 зерен (г) і урожайності (т/га) ліній пшениці озимої

Родовід ліній пшениці озимої	Рік						X	
	2021		2022		2023			
	МТЗ	УЗ	МТЗ	УЗ	МТЗ	УЗ	МТЗ	УЗ
Подольанка стандарт	44,7	6,11	47,5	6,11	47,5	6,25	46,6	6,16
Подольанка / ЛЮТ 54867	56,8	6,88	53,7	5,98	56,5	6,27	55,7	6,38
Подольанка / ЛЮТ 54856	51,6	6,78	52,3	6,38	51,0	8,10	51,6	7,09
МІП Вишиванка / Select // Господиня МИР	46,2	5,15	51,8	6,68	54,5	5,92	50,8	5,92
ЛЮТ 54875 / Василина	46,2	4,69	51,9	6,56	52,4	8,12	50,2	6,46
Господиня МИР / Мирлена	47,4	6,20	47,4	6,56	51,5	8,68	48,8	7,15
Берегиня МИР / Щедрість київська	44,1	7,43	51,6	5,95	49,5	8,58	48,4	7,32
ЛЮТ 37333 / Дарунок Поділля	50,0	6,63	45,1	6,96	48,1	7,61	47,7	7,07
Господиня МИР / Mukhran // EP 55029	45,2	5,62	47,0	6,38	50,7	8,07	47,6	6,69
ЛЮТ 54533 / Nicifor	39,1	5,54	53,4	6,36	49,0	8,15	47,2	6,68
Естафета МИР / Miranda	47,0	5,52	46,1	7,00	46,3	7,91	46,5	6,81
ЛЮТ 37332 / Либідь	44,4	3,72	49,2	6,26	45,4	8,71	46,3	6,23
Господиня МИР / Ting 9428	44,8	4,91	49,5	6,25	43,7	6,15	46,0	5,77
Естафета МИР / Либідь	47,2	5,49	45,3	7,20	45,3	7,49	45,9	6,73
<i>Продовження таблиці</i>								
Берегиня МИР / МІП Ассоль	42,0	6,18	45,7	5,92	49,7	8,36	45,8	6,82
ЛЮТ 53679 / ЛЮТ 51901 // ЛЮТ 53341	42,5	7,01	43,1	6,45	47,8	9,67	44,5	7,71
ЛЮТ 770 / Золотоколоса	41,9	6,04	42,1	6,59	48,9	8,40	44,3	7,01
МІП Ассоль / МІП Княжна	40,9	5,90	45,1	6,33	46,9	8,16	44,3	6,80
Господиня МИР / Shixin 733	39,4	4,94	43,7	6,15	49,4	6,00	44,2	5,70

Подільянка / МП Ассоль	43,0	5,95	43,5	6,31	42,8	7,84	43,1	6,70
ЛЮТ 54904 / Мелодія	42,4	7,61	40,4	6,62	46,0	8,21	42,9	7,48
ЕР 54872 / МП Вишиванка	40,6	5,44	38,8	5,94	47,0	8,13	42,1	6,50
\bar{x}	44,9	5,90	47,0	6,41	48,6	7,76	46,8	6,69
max	56,8	7,61	53,7	7,20	56,5	9,67	55,7	7,71
min	39,1	3,72	38,8	5,92	42,8	5,92	42,1	5,70
R	17,7	3,89	14,9	1,28	13,7	3,75	13,5	2,01
σ	4,2	0,94	4,3	0,35	3,3	1,01	3,20	0,53
Cv, %	9,3	15,9	9,0	5,4	6,8	13,0	6,8	7,9
$\bar{x}-\sigma$	40,7	4,96	42,8	6,06	45,3	6,75	43,6	6,16
$\bar{x}+\sigma$	49,0	6,83	51,3	6,76	52,0	8,78	50,0	7,22
НІР _{0,05}				1,62		0,32		

Примітки: МИР – миронівський, миронівська; ЛЮТ, ЕР – лютеценс, еритроспермум; МТЗ – маса 1000 зерен, г; УЗ – урожайність зерна, т/га. Статистичні параметри: \bar{x} , \bar{X} – середнє значення за рік і три роки; max, min – максимальнє та мінімальнє значення; R – розмах варіювання; σ – стандартнє відхилення; Cv – коефіцієнт варіації; $\bar{x}\pm\sigma$ – адаптивна норма; НІР_{0,05} – найменша істотна різниця за рівня значущості 95 %.

Кількість ліній, що переважали стандарт за масою 1000 зерен, коливалась за роками: найменше їх було в 2021 р. – три, а найбільше в 2023 р. – сім. Складні погодні умови 2021 р. (коливання термічного режиму впродовж доби навесні, перезволоження й вилягання посівів під час наливу та дозрівання зерна) призвели до зниження крупності й виповненості зерна та врожайності. Відмінності між окремими лініями були значними: мінімальнє значення ознаки – 36,4 г (2021 р.), максимальнє – 58,4 г (2020 р.), що сформувала лінія ЛЮТ 54904 / Рум'яна, яка була створена за схрещування батьківських компонентів із високою посухостійкістю та подовженим функціонуванням асиміляційної поверхні. Аналіз коефіцієнтів варіації та рівня фактичних меж мінливості (R) за період досліджень показав низький ступінь варіювання за масою 1000 зерен – від 6,8 % і 13,7 г відповідно (2023 р.) до 11,2 % і 21,8 г (2020 р.). Найбільш крупнє зерно лінії сформували в умовах 2023 р., коли понад половину перевищили стандарт, а п'ята частина була на рівні останнього. У посушливих умовах 2020 р. показник був найменшим – третина була нижче сорту Подільянка, а 40 % ліній переважали його.

За результатами дисперсійного аналізу найбільш впливовим фактором за ознакою «маса 1000 зерен» був генотип – 47,5 % (2020–2022 рр.) і 55,1 % (2021–2023 рр.), погодні умови року впливали значно менше, але також суттєво (табл. 5).

Таблиця 5 – Результати дисперсійного аналізу маси 1000 зерен ліній пшениці озимої, 2021–2023 рр.

Джерело мінливості	Сума квадратів	Ступені свободи	Середні квадрати	Критерій Фішера		p-level	Π ³ , %	НІР _{0,05}
				Факт. ¹⁾	Табл. ²⁾			
Рік	467,1	2	233,5	233,5	3,07	0,00	13,2	0,34
Генотип	1942,2	21	92,5	92,5	1,60	0,00	55,1	0,93
Взаємодія Рік × Генотип	984,1	42	23,4	23,4	1,21	0,00	27,9	1,62
Випадкове	132,0	132	1				3,7	
Загальне	3525,4	197					100	

Примітки: Факт.¹⁾ – критерій Фішера фактичний; Табл.²⁾ – критерій Фішера табличний; Π³⁾ – частка впливу фактора; p-level – довірчий рівень

Одержані дані визначили напрямок подальшого вивчення особливостей прояву крупнозерності у вищих ланках селекційного процесу. Отже, добір стабільних за крупністю зерна генотипів дозволяє досягти значного прогресу, бо ознака має високий спадковий контроль і значну селекційну цінність, що підтвердилось внеском генотипу (47,5 %; 55,1 %) і рівнем точності розділення генотипів (НІР_{0,05}=0,93 г). Взаємодія рік × генотип також істотно впливала на прояв маси 1000 зерен, що вказує на важливість урахування рівня адаптивності досліджуваних ліній пшениці озимої. Висновок про стабільність ознаки можна зробити за порівняння внеску в загальну дисперсію вищезгаданих факторів: у 2020–2022 рр. різниця між ними становила 12,3 % (стабільність середня), а в 2021–2023 рр. спостерігали значне (27,2 %) перевищення першого фактора (висока).

Рівень урожайності дуже суттєво залежав від умов року, особливо за несприятливого гідротермічного режиму (2020–2022 рр.). Добір за ознакою є менш ефективним, необхідно визначати стабільність генотипів за роками в різних умовах середовища (багатосередовищні випробування).

Таблиця 6 – Результати дисперсійного аналізу врожайності ліній пшениці озимої, 2021–2023 рр.

Джерело мінливості	Сума квадратів	Ступені свободи	Середні квадрати	Критерій Фішера		p-level	Π ³ , %	НІР _{0,05}
				Факт. ¹⁾	Табл. ²⁾			

Рік	122,7	2	61,367	1534,2	3,07	0,00	48,0	0,07
Генотип	52,5	21	2,499	62,5	1,60	0,00	20,5	0,19
Взаємодія Рік×Генотип	75,0	42	1,786	44,7	1,21	0,00	29,4	0,32
Випадкове	5,3	132	0,04				2,1	
Загальне	255,5	197					100	

Примітки: Факт.¹⁾ – критерій Фішера фактичний; Табл.²⁾ – критерій Фішера табличний; η^3 – частка впливу фактора; p-level – довірчий рівень

Отже, дослідження проводили з різними за рівнем врожайності лініями пшениці озимої, які були створені з використанням методу гібридизації та добору в процесі селекції кращих за крупністю зерна та продуктивністю колоса морфобіотипів. Одержані результати підтверджують значущість кількісної ознаки «маса 1000 зерен» як елемента структури, що вносить значний вклад у формування врожайності рослин. До групи ліній, що поєднали високі значення показників і стабільність за обома ознаками впродовж чотирьох (2020–2023) років досліджень, віднесли: Берегиня МИР / Щедрість київська (з високими середніми значеннями для обох ознак), Подолянка / МПП Ассоль (лідер за стабільністю крупності зерна), ЛЮТ 53679 / ЛЮТ 51901 // ЛЮТ 53341 (з максимальним середнім показником урожайності), Подолянка / ЛЮТ 54867 (з максимальним середнім значенням маси 1000 зерен). Це доводить доцільність використання в селекції на крупнозерність вищезазначених підходів, що дозволили створити новий вихідний матеріал і перспективні лінії для передачі на Державну кваліфікаційну експертизу в УІЕСР як нові сорти пшениці м'якої озимої: в 2025 р. – ЛЮТ 60963 (МПП Ассоль / МПП Княжна), з урожайністю 8,83 т/га (перевищення над стандартом – 0,74 т/га) і масою 1000 зерен – 46,8 г.; у 2026 р. – ЛЮТ 60763 (ЛЮТ 53679 / ЛЮТ 51901 // ЛЮТ 53341), з показниками 8,67 т/га і 46,6 г відповідно та високими хлібопекарськими якостями. Обидві лінії стійкі до ураження збудниками групи хвороб (борошниста роса, бура іржа та фузаріоз колоса). Перспективи подальших досліджень включають широке використання створеного крупнозерного вихідного матеріалу зі стабільним проявом рівня врожайності в практичному селекційному процесі лабораторії селекції озимої пшениці Миронівського інституту пшениці імені В. М. Ремесла НААН України.

Особливості створення та оцінки селекційного матеріалу пшениці озимої з високими показниками якості зерна

Лідерські позиції України в постачанні сировинної сільськогосподарської продукції на світовому ринку є визнаними, водночас поточною перешкодою для

збільшення експорту є якість сировини та зміна природно-кліматичних умов. Отже, якість поєднує в собі різні показники, залежно від яких зерно пшениці може використовуватися на продовольчі, технічні чи кормові потреби. Відомо, що саме високоякісна пшениця має кращі хлібопекарські властивості, а хліб є дешевим і доступним продуктом харчування для зростаючого населення планети. Тому сьогодні тема якості є дуже актуальною в провідних країнах-виробниках зерна пшениці, вирішенню якої науковий світ приділяє велику увагу. Зміна показників якості може відбуватися внаслідок впливу погодно-кліматичних умов, головним чином, у період формування-дозрівання зерна, агротехнологічних елементів вирощування, технології збирання, обробки і зберігання. На ознаки якості зерна суттєво впливають умови зовнішнього середовища. Тому при підборі вихідного матеріалу для селекції необхідно враховувати не тільки генетичний потенціал якості, але й стабільність його прояву за дії стресових чинників. Селекційні програми повинні бути спрямовані на створення адаптивних генотипів у широкому сенсі. Якщо сорт за генотипом не належить до сильної пшениці, то він не може сформувати високоякісне зерно продовольчого типу навіть за найкращих умов вирощування, вирішальне значення мають фізичні властивості клейковини контрольовані генотипом сорту. Вміст білка є одним із основних показників якості зерна та борошна, яким приділяється особлива увага за оцінки вихідного й селекційного матеріалу в ході виконання наукової програми. Складовою характеристикою якості зерна пшениці є масова частка сирої клейковини. Вона завдяки своїм властивостям надає тісту пружності, розтяжності, газотримуючої здатності, сприяє формуванню та збереженню наданої йому форми. Вміст сирої клейковини є важливим критерієм оцінки хлібопекарських якостей пшениці. Показник седиментації має позитивний зв'язок з багатьма ознаками якості та може застосовуватись, як додатковий критерій хлібопекарних властивостей зерна. Визначення рівня прояву даного показника дає змогу відібрати перспективний матеріал у первинних ланках селекційного процесу та ефективно вести селекцію на якість зерна, не збільшуючи обсягів вихідного матеріалу. Означені показники можуть слугувати критеріями селекційної цінності гібридів першого покоління, бо за перевищення рівня батьків або проміжного успадкування в подальшому можливо одержати трансгресивні рекомбіанти за ознаками. Установлено, що найвища ефективність добору трансгресивних форм була в другому поколінні з наступною перевіркою на гомозиготність. Успіх селекції на якість зерна залежав від підбору батьківських пар для схрещування, методів добору та оцінки.

Починали оцінку з гібридів першого покоління за органолептичними показниками: колір зернівки, виповненість, форма, висока скловидність, оптимальне співвідношення лінійних розмірів, крупність. Більшість з них є одночасно показниками адаптивності сорту до несприятливих чинників середовища. Ефективність скринінгу залежала від генетичних розбіжностей між батьками та постійного контролю за якістю та рівнем інших цінних ознак в процесі селекції. Як правило, селекційний матеріал, що не володіє комплексом цих ознак, не формував високої врожайності зі стабільно високою якістю зерна, тому підлягав бракуванню.

Відомо, що найбільша вірогідність одержання сорту пшениці з високою якістю зерна спостерігається за схрещування двох сильних сортів. На основі діалельної схеми схрещувань сортів пшениці м'якої озимої з високою продуктивністю (Подольнка, МІП Княжна, МІП Ювілейна, МІП Дарунок, ЕР 55023 (МІП Паляниця миронівська) та сильних і екстрасильних сортів селекції СГІ (Гейзер, Гладь, Покровська та ін.) створено новий матеріал за напрямками: продуктивність ↔ харчовий напрям, продуктивність ↔ продуктивність, харчовий напрям ↔ харчовий напрям. За результатами аналізу елементів структури врожайності головного колоса до кращих гібридних комбінацій віднесено: МІП Ювілейна / ЕР 55023 (довжина колоса – 11,0 см; кількість зерен – 59,6 шт.; їх вага – 3,0 г); МІП Княжна ↔ Гейзер (10,0; 57,9; 2,9 і 10,4; 63,3; 3,1 відповідно); ЕР 55023 / МІП Княжна (10,2; 55,1; 3,0); МІП Княжна ↔ ЕР 55023 (9,9; 52,1; 2,9 і 10,2; 55,1; 3,0 відповідно). Прослідковували значимість впливу материнського компонента в системі діалельних схрещувань для одержання найбільш продуктивних генотипів у гібридних комбінаціях за участю сорту МІП Княжна та селекційної високобілкової лінії ЕР 55023. Установлено, що для гібридів першого покоління основний тип успадкування за трьома вищезазначеними елементами врожайності мав характер наддомінування. Визначено, що батьківські компоненти також впливали на величину показників якості зерна: за участі сорту сильної пшениці МІП Княжна гібриди формували їх максимальний рівень. Так, розмах варіювання за вмістом білка та клейковини становив 15,3÷16,9 % і 30,6÷33,8 % відповідно, а показника седиментації – 80÷100 мл. Основним типом успадкування за ознакою «вміст білка» був проміжний тип, за показником седиментації – наддомінування та проміжне успадкування, «вміст клейковини» – проміжний тип і депресія. Виокремлено гібридні комбінації F₁ із високим проявом усіх трьох показників якості зерна: ЕР 55023 / МІП Княжна (16,9 %; 33,6 %; 83 мл); МІП Княжна / Покровська (16,5

%; 33,8 %; 90 мл); Гладь / МПП Княжна (16,4 %; 33,6 %; 100 мл); ЕР 55023 / Покровська (16,3 %; 33,8 %; 81 мл); Покровська / МПП Княжна (16,0 %; 33,2%; 91 мл). За результатами аналізу домінантності виокремлено гібридні комбінації F₁ з одночасним успадкуванням ознак продуктивності головного колоса й показника седиментації за типом наддомінування, а за вмістом білка й клейковини – проміжним типом: МПП Княжна ↔ ЕР 55023, Гейзер ↔ МПП Княжна, Гладь / МПП Княжна, які становлять суттєву селекційну цінність.

Адаптивність ліній пшениці озимої за комплексом цінних ознак в умовах Лісостепу України

Продуктивність визначається генетичними особливостями рослини та здатністю до їх реалізації в конкретних умовах вирощування [83]. Зміна клімату впливає на строки посіву/дозрівання та тривалість фаз вирощування й зрештою – на врожайність зерна [84, 85]. Негативний вплив чинників може виявлятися у зниженні рівня зимо- і морозостійкості, посухо- і жаростійкості, підвищенні інтенсивності ураження хворобами та ін. [86]. Отже, врожайність є підсумковим показником, що характеризує господарську й селекційну цінність досліджуваного матеріалу [87], а строки сівби є важливим елементом технології вирощування, від вибору якого значно залежить рівень урожайності. Реакцію генотипів на умови вирощування оцінювали шляхом розрахунків за показниками врожайності та якості зерна з визначенням середніх значень, стандартного відхилення, мінімуму і максимуму, розмаху варіації та коефіцієнта варіації, гомеостатичності та селекційної цінності. Загальну тенденцію адаптивності до певних умов вирощування за результатами досліджень визначали за коефіцієнтом регресії b_1 . Рівень урожайності сортів і селекційних ліній та її варіювання дозволив виокремити роки з найбільш сприятливими погодними умовами. З метою визначення адаптивності ліній пшениці озимої в умовах центральної частини Лісостепу України в конкурсному випробуванні використовували інтегральну оцінку в багатосередовищних випробуваннях для ідентифікації генотипів з високою врожайністю та стабільністю. Це дозволяє встановити рівень адаптивності та норму реакції селекційних ліній за цінними господарськими ознаками залежно від впливу абіотичних і біотичних факторів, а також виявити особливості впливу генотипу та чинників зовнішнього середовища на мінливість урожайності й диференціюючої здатності середовищ. Для визначення узагальненого параметра оцінки рівня адаптивності сортів і селекційних ліній пшениці м'якої озимої провели обчислення сум показників РАС за комплексом кількісних ознак (урожайність, висота рослин, маса 1000

зерен, вміст білка та клейковини, показник седиментації) для кожного генотипу та їх ранжування. Найменшому значенню суми відповідала найвища адаптивність генотипу. Диференціювання ліній пшениці озимої за їх адаптивними властивостями із застосуванням статистичного аналізу з визначенням показників пластичності та стабільності й загального їх рейтингу за врожайністю, висотою рослин і ознаками якості зерна дозволило встановити достовірність відмінностей між генотипами та одержати об'єктивну інформацію щодо селекційної цінності генотипів. Так, у 2024 р. виділено за показниками якості на рівні сильної пшениці, з груповою стійкістю проти хвороб і здатністю формувати стабільну врожайність зерна за різних погодних умов і агротехнічних прийомів лінії ЕР 55023, ЛЮТ 60049 і ЛЮТ 60816, які передані на Державну кваліфікаційну експертизу до Українського інституту експертизи сортів рослин під назвами сортів: МПП Паляниця миронівська, МПП Ауріка та МПП Стефанія відповідно. У 2025р. за даними ДКЕ УІЕСР сорти мають підвищений рівень морозостійкості за штучного проморожування, стійкі до твердої сажки за штучного зараження, перевищили за врожайністю усереднений показник за п'ять попередніх років у зоні: Степу, Лісостепу та Полісся – МПП Ауріка та МПП Стефанія; Степу – МПП Паляниця миронівська. Усі сорти відносяться до сильних пшениць, а останній сорт має високий вміст білка (до 16,8 %), що підтверджує його харчову цінність та значимість для виробництва хлібобулочних виробів. Сорт відноситься до групи дуже ранніх за тривалістю вегетаційного періоду, а за змін клімату більш ранній час цвітіння є бажаним для пшениці озимої, що може пом'якшити стрес від посухи, сприяти покращенню логістики управління агровиробництвом і запобігати пошкодженню шкідниками та патогенами. Сорт має генетично зумовлену здатність формувати високі показники вмісту білка та седиментації незалежно від попередника. Вміст клейковини – до 36,3 %, сила борошна – до 337 о. а. Маса 1000 зерен – до 59,4 г.

Інтегрована оцінка за параметрами адаптивності за складовими продукційного процесу (врожайність, висота рослин, показники якості зерна) в 2025 р. дозволила виокремити джерела господарських ознак і визначити кращі лінії за: показниками якості зерна та високою селекційною цінністю – ЛЮТ 60963 (сорт МПП Єдність); комплексом ознак – ЛЮТ 60702 (сорт МПП Алінка), ЛЮТ 61140 (планується до передачі на ДКЕ в 2026 р.), ЛЮТ 60998, ЛЮТ 60934(табл. 7).

Таблиця 7– Інтегральна оцінка ліній пшениці озимої на основі РАС за комплексом показників, 2021/22–2024/25 рр.

Назва лінії	Урожайність, т/га – Z РАС	Висота, см – Z РАС	Маса 1000 зерен, г – Z РАС	Вміст білка, % – Z РАС	Вміст клейковини, % – Z РАС	Показник седиментації, мл – Z РАС	$\sum Z - \text{РАС(К)}$
ЛЮТ 61140	8,16* – 5**	111 – 6	48,4 – 1	12,5 – 1	25,9 – 11	52,3 – 1	25 – 1
ЛЮТ 60963	7,82 – 7	109 – 3	46,4 – 6	12,2 – 4	24,2 – 2	54,3 – 4	26 – 2
ЛЮТ 60763	7,68 – 4	109 – 7	46,4 – 11	12,7 – 5	28,1 – 1	52,0 – 2	30 – 3
ЛЮТ 60934	7,86 – 3	110 – 4	47,7 – 4	12,0 – 6	24,7 – 6	50,0 – 7	30 – 3
ЛЮТ 60952	7,92 – 6	107 – 6	41,6 – 10	12,0 – 2	25,1 – 8	57,3 – 3	35 – 4
ЛЮТ 60702	8,26 – 2	102 – 4	43,0 – 9	11,9 – 7	24,5 – 7	52,5 – 6	35 – 4
ЛЮТ 60995	8,04 – 8	86 – 1	45,0 – 8	11,7 – 8	22,6 – 3	56,5 – 10	38 – 5
ЛЮТ 60998	8,09 – 1	99 – 2	47,0 – 2	11,3 – 12	19,0 – 12	44,5 – 12	41 – 6
Подолька	7,10 – 10	105 – 8	47,1 – 7	12,1 – 3	22,6 – 4	56,5 – 11	43 – 7
ЛЮТ 60815	7,71 – 11	108 – 3	48,8 – 3	12,0 – 11	24,7 – 9	59,8 – 8	45 – 8
ЕР 60793	7,09 – 12	111 – 5	47,7 – 5	12,1 – 9	24,4 – 10	57,0 – 5	46 – 9
ЛЮТ 61081	7,64 – 9	107 – 2	43,1 – 12	11,8 – 10	24,3 – 5	51,8 – 9	47 – 10
\bar{X}	7,78	105	46,0	12,0	24,2	53,7	-

Примітки: \bar{X} – середнє значення ознаки по досліді; * – середнє значення ознаки за два роки; ** – ранг РАС (рейтинг адаптивності сорту); ЛЮТ – лютесценс; ЕР – еритроспермум.

Необхідно зауважити, що лінії ЛЮТ 60963 і ЛЮТ 60702, на відміну від інших, представлених у таблиці 7, досліджували п'ять років у заключних ланках селекційного процесу (попереднє та конкурснє випробування) і три роки – в агротехнологічному досліді відділу насінництва і агротехнологій (три строки сівби, п'ять попередників), тобто пройшли всебічне комплекснє вивчення. Передані на Державну кваліфікаційну експертизу до Українського інституту експертизи сортів рослин сорти МІП Алінка (ЛЮТ 60702) та МІП Єдність (ЛЮТ 60963) здатні стабільно формувати високу врожайність зерна – 9,8 т/га і 9,0 т/га відповідно з високими показниками якості зерна (вміст білка та клейковини – 14 % і понад 30 % відповідно, об'єм хліба – 1000 см³; крупнє скловиднє зерно), що підтверджує їх значну харчову цінність.

РЕЗУЛЬТАТИ СЕЛЕКЦІЙНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Стратегія селекції пшениці озимої була побудована на створенні нових генотипів, краще адаптованих до мінливих умов навколишнього середовища з більшою ефективністю використання ресурсів, з поєднанням підвищеної поживної цінності зерна з ознаками високої врожайності, що контролюється

генетично. Знання закономірностей успадкування цінних господарських ознак сприяє більш цілеспрямованому добору в селекційній роботі на підвищення продуктивності. Створено новий селекційний матеріал пшениці озимої за інтенсивного цілеспрямованого індивідуального добору по колосу на всіх етапах селекційного процесу з урахуванням впливу конкретних умов року та всіх одержаних даних польових і лабораторних досліджень, жорсткої браковки по зерну (кількість зерен у головному колосі, їх крупність, лінійні розміри зернівки, виповненість, скловидність, ураженість хворобами та шкідниками). Ідентифіковано кращі перспективні лінії пшениці озимої шляхом визначення параметрів адаптивності та показника РАС, що забезпечує об'єктивну диференціацію генотипів за їх адаптивністю та селекційною цінністю, оптимізовано підходи щодо оцінки адаптивності генотипів на завершальних етапах селекційного процесу. На основі інтегрального показника «рейтинг адаптивності сорту» за комплексом цінних ознак лінії пшениці озимої з підвищеним продуктивним і адаптивним потенціалом передано на ДКЕ. Такий підхід дозволяє визначити сортову реакцію та найбільш оптимальне поєднання технологічних факторів для кожного генотипу, виділити стабільні за продуктивністю генотипи та надавати практичні рекомендації виробникам.

За результатами виконання наукової роботи впродовж 2021–2025 рр. з метою теоретичного обґрунтування та розроблення методичних основ оцінки селекційного матеріалу, створення вихідного матеріалу та сортів пшениці озимої різних напрямів використання зерна в умовах змін клімату було проведено значний обсяг досліджень: створено 1641 гібридна комбінація, вивчено 1845 F₁, гібридних популяцій F₂ і F₃ – 9215 і 8646 відповідно, нащадків у селекційному розсаднику – 22281; ліній пшениці озимої: в контрольному розсаднику – 1610, у попередньому та конкурсному випробуванні – 432 і 300 відповідно. Проведено понад 370000 індивідуальних доборів по колосу в усіх розсадниках селекційного процесу. Так, у селекційному розсаднику з урахуванням фенотипової однорідності стеблостою, синхронності виколошування було виділено лінії з високим проявом показників якості зерна в поєднанні з високою врожайністю. Розмах варіювання за вмістом білка становив 11,3÷16,7 % (2024 р.) і 12,9÷17,6 % (2025 р.), вмістом сирої клейковини – 24,1÷28,5 % і 26,9÷33,1 %, показником седиментації – 40÷57 мл і 41÷62 мл відповідно (табл. 8).

Таблиця 8 – Ступінь прояву цінних господарських ознак кращих ліній пшениці озимої селекційного розсадника, 2025 р.

Родовід	УЗ ¹ , г/м ²	ТВП, діб	ВР, см	УБР, %	УСЛ, %	МТЗ, г	ВБ ² , %	ПС, мл	ВК, %
Подолянка, стандарт	290	194	92	15	20	45,2	12,9	51	26,9
ЛЮТ 60019 / Господиня МИР	380	195	110	3	5	49,4	14,2	46	29,2
МПП Княжна / Континент	360	196	110	3	5	47,9	14,4	50	29,4
МИР ранньостигла / ЕР 55023	350	189	84	8	10	54,1	14,8	50	28,8
ЛЮТ 60511 / ЛЮТ 60688	350	194	105	5	5	53,0	13,0	56	27,3
ЛЮТ 54875 / Берегиня МИР	330	194	105	6	7	51,8	17,1	51	33,1
І. д. ЛЮТ 61108 Економка / ВСІ 553	330	197	100	5	7	51,8	14,1	43	28,4
МПП Дарунок / МПП Ассоль	330	192	95	5	6	51,2	13,9	61	28,5
ЛЮТ 55246 / ЛЮТ 37292	320	190	90	3	5	50,2	17,6	59	32,7
ЕР 60159 / ЛЮТ 60703	320	192	105	5	7	52,6	14,8	55	29,4
Балада МИР / Грація МИР	320	190	105	5	5	56,6	14,7	62	29,1
Дуняша / МПП Княжна	320	195	77	5	7	54,0	13,6	41	27,8
ЛЮТ 60181 / ЕР 60837	320	191	105	6	6	61,0	14,3	50	28,9
МПП Відзнака / МПП Ассоль	310	192	100	3	5	51,6	14,4	50	29,8
ЛЮТ 54904 / Мелодія	300	194	105	6	6	49,8	17,6	50	32,3
ЕР 55023 / МПП Ювілейна	300	193	105	5	5	62,6	14,6	50	29,6
МПП Ассоль / МПП Ювілейна	300	193	105	6	6	50,2	14,0	59	28,7
МПП Фортуна / ЕР 55023	300	194	97	5	7	50,6	13,7	41	28,4
\bar{x}^3	324	193	100	6	7	52,4	14,7	51	29,4
max	380	197	110	15	20	62,6	17,6	62	33,1
min	290	189	77	3	5	45,2	12,9	41	26,9
R	90	8	33	12	15	17,4	4,7	21	6,2
σ	23,8	2,2	9,0	2,7	3,5	4,2	1,4	6,3	1,7
$\bar{x}-\sigma$	300	191	91	3	3	48,2	13,3	45	27,6
$\bar{x}+s$	348	195	109	8	10	56,7	16,0	58	31,1
Cv, %	7,3	1,1	9,0	49,2	51,0	8,1	9,5	12,3	5,9

Примітка: 1. – Кількісні цінні ознаки: ТВП – тривалість вегетаційного періоду, діб; ВР – висота рослин, см; УБР, УСЛ – ураженість борошнистою росою та септоріозом листків, бал; МТЗ – маса 1000 зерен, г.

2. – Показники якості зерна, дані лабораторії якості: ВБ – вміст білка, %; ПС – показник седиментації, мл; ВК – вміст клейковини, %.

3. – Статистичні параметри: \bar{x} , max, min – середнє, максимальне та мінімальне значення ознаки відповідно; R – різниця між max і min; σ – стандартне відхилення; Cv – коефіцієнт варіації.

Аналіз родоводів кращих генотипів селекційного розсадника підтвердив закономірність щодо створення генотипу з високими показниками якості зерна – кращі нащадки успадкували гени сортів сильної пшениці Подолянка, Миронівська ранньостигла, МПП Ювілейна, МПП Княжна, МПП Дарунок і високобілкових селекційних ліній Еритроспермум 55023, Лютесценс 54875.

За результатами неповного технологічного аналізу в 2025 р., проведеного в лабораторії якості зерна, розмах варіювання показників якості ліній контрольного розсадника знаходився в межах: 12,6–16,2 % – вміст білка (середнє

по досліді – 13,9 %, стандарт – 13,3 %); 27,1–33,2 % – вміст клейковини (29,7 % і 28,7 % відповідно); 46–77 мл – показник седиментації (62 мл і 65 мл відповідно). За показниками якості зерна 40 % ліній перевищували стандарт і середнє по досліді. За рівнем продуктивності та прояву цінних ознак селекційний матеріал відповідає поставленій меті наукових досліджень: за врожайністю 84 (60 %) ліній перевищили стандарт (6,54 т/га). У 2025 р. рівень вмісту білка у ліній попереднього випробування знаходився в межах 11,7÷16,2 % (середнє по досліді – 13,2 %, стандарт – 13,1 %). Перевищили середні показники 23 (48 %) ліній: Лютесценс 61208 (16,2 %), Лютесценс 61207 (14,6 %), Еритроспермум 61226 (14,1 %) та ін. (табл. 9).

Таблиця 9 – Кращі за показниками якості зерна ліній пшениці озимої попереднього випробування, 2025 р.

Назва лінії	Урожайність, т/га	Вміст білка, %	Вміст сирі клейковини, %	Показник седиментації, мл
Подольнка, стандарт	8,02	13,1	28,4	69
Лютесценс 61178	8,25	13,2	28,5	53
Еритроспермум 61181	8,86	13,6	29,6	60
Лютесценс 61183	8,69	13,6	29,1	57
Лютесценс 61184	8,67	13,5	28,8	55
Лютесценс 61191	8,27	13,9	29,6	61
Лютесценс 61192	8,45	13,5	28,7	63
Еритроспермум 61196	8,91	13,6	29,4	58
Еритроспермум 61198	8,33	13,5	29,1	68
Лютесценс 61202	8,11	13,5	29,0	62
Еритроспермум 61218	8,35	13,2	28,7	59
Еритроспермум 61220	8,02	13,1	28,6	68
\bar{X}	8,41	13,4	32,3	58
Мах	8,91	13,9	68,8	68
Мін	8,02	13,1	28,4	53

Примітка: \bar{X} , Мах, Мін – середнє, максимальнє та мінімальнє значення показника.

Показник седиментації був у межах 37÷71 мл (середнє по досліді – 58,2 мл, стандарт – 63,8 мл). На рівні та вище середнього по досліді й стандарту були 19 (40 %) селекційних ліній: Лютесценс 61207, Еритроспермум 61221, Еритроспермум 61226 (по 71 мл), Лютесценс 61179, Лютесценс 61208, Еритроспермум 61236 (по 69 мл) та інші. Вміст клейковини варіював від 25,8 до 33,1 %, (стандарт – 28,4 %, середнє по досліді – 28,5 %). 20 ліній сформували

показник на рівні й вище середнього по досліді та стандарту: Лютесценс 61208 (33,1 %), Лютесценс 61207 (30,4 %), Еритроспермум 61224 (29,7 %), Еритроспермум 61181 (29,6 %), Лютесценс 61191 (29,6 %), Еритроспермум 61226 (29,5 %) та інші. Створено високоврожайні лінії з підвищеними показниками якості зерна, низьким рівнем ураження збудниками хвороб, зимостійкі, середньостиглі, короткостеблові та стійкі до вилягання.

У 2025 р. рівень урожайності ліній пшениці озимої в конкурсному випробуванні варіював від 6,21 до 8,94 т/га за середнього по досліді – 7,84 т/га, стандарт – 8,09 т/га. Чотири лінії достовірно ($НІР_{05} = 0,73$ т/га) перевищили стандарт за врожайністю, на рівні були – 30 (75 %). Вміст білка знаходився в межах 12,6–14,9 % (середнє по досліді – 13,8 %, стандарт – 13,3 %). 32 лінії перевищили стандарт і 20 – середнє по досліді. Показник седиментації був у межах 37–88 мл (середнє по досліді – 59,8 мл, Подолянка – 66,8 мл). За цим показником 22 (55 %) лінії мали значення вище середнього по досліді, з них 13 (32 %) – перевищили Подолянку. Вміст клейковини варіював від 26,8 до 31,6 %, (стандарт – 28,7 %, середнє по досліді – 29,6 %). Загалом 33 (82 %) ліній сформували вміст клейковини на рівні середнього по досліді та стандарту. Найвищий вміст клейковини мали лінії: Лютесценс 61146 (31,6 %); Еритроспермум 61154 (31,2 %), Лютесценс 61126 (31,2 %), Еритроспермум 61149 (31,1 %), Лютесценс 60430 (30,9 %); Лютесценс 60763 (30,6 %). Усі вони поєднували добру якість зерна з іншими цінними ознаками (табл.10).

Таблиця 10 – Кращі за показниками якості зерна лінії пшениці озимої конкурсного випробування(попередник соя), 2025 р.

Назва лінії	Урожайність, т/га	Вміст, %		Показник седиментації, мл
		білка	сирої клейковини	
Подолянка, стандарт	8,09	13,3	28,7	67
Еритроспермум 60793	7,84	14,1	30,1	71,0
Еритроспермум 61152	7,83	14,3	30,5	70,0
Лютесценс 60430	8,09	14,9	30,9	60,0
Лютесценс 61068	7,87	14,2	30,0	69,0
<i>Продовження таблиці</i>				
Еритроспермум 61064	8,10	14,2	30,2	62,0
Лютесценс 60815	8,84	14,1	29,7	68,0
Лютесценс 60874	8,17	13,9	29,5	70,0
Лютесценс 60763	8,67	14,3	30,6	57,0
Лютесценс 60952	8,60	13,5	29,5	70,0
Лютесценс 60995	8,51	13,4	29,3	63,0
Лютесценс 60963	8,83	13,8	29,5	55,0

\bar{X}	8,3	14,1	30,0	65,0
Max	8,8	14,9	30,9	71,0
Min	6,7	13,4	29,3	55,0

Примітка: \bar{X} , Max, Min – середнє, максимальнє та мінималнє значення ознаки.

У конкурсному випробуванні дослідили 40 ліній пшениці озимої, з них за поєднанням адаптивних ознак і властивостей виокремлено 24, з яких дві – передані до УІСЕР для проходження ДКЕ. У лабораторних умовах відділу біотехнології, генетики і фізіології проводили оцінку стійкості до низьких температур і дефіциту вологи. Вміст білка та клейковини знаходився в межах 12,6–14,9 % і 26,8–31,6 % відповідно, показник седиментації – 37–88 мл. Рівень урожайності варіював від 6,21 до 8,94 т/га за середнього по досліді – 7,84 т/га, в стандарті – 8,09 т/га. Із 40 ліній достовірно ($НІР_{05} = 0,73$ т/га) переважали стандарт за врожайністю чотири, на рівні були – 30 (75 %). Рівень мінливості (C_v) елементів структури головного колоса був незначним: 5,3 %–10,8 %. Інтегрована оцінка за параметрами адаптивності дозволила визначити кращі лінії за: показниками якості зерна та високою селекційною цінністю – ЛЮТ 60963 (сорт МП Єдність); комплексом ознак – ЛЮТ 60702 (сорт МП Алінка), ЛЮТ 61140 (планується до передачі на ДКЕ в 2026 р.), ЛЮТ 60998, ЛЮТ 60934. Передані дві лінії на Державну кваліфікаційну експертизу до Українського інституту експертизи сортів рослин. Сорти МП Алінка та МП Єдність здатні стабільно формувати високу врожайність зерна – 9,8 т/га і 9,0 т/га відповідно. Високі показники якості зерна сортів (вміст білка та клейковини – 14 % і понад 30 % відповідно, об'єм хліба – 1000 см³; крупне скловидне зерно), що підтверджує їх значну харчову цінність.

ВИСНОВКИ

Створення адаптивних конкурентоспроможних сортів з принципово новими характеристиками, здатністю забезпечити високу та стабільну продуктивність у різних умовах довкілля та стійких до екстремальних умов вирощування – актуальна проблема сучасної селекції.

З огляду на актуальність і велике наукове, агрономічне, економічне та загальнодержавне значення вирішення проблеми створення високопродуктивних сортів з високою якістю зерна є дуже важливим в умовах трансформації клімату. Стратегії селекції повинні бути спрямовані на створення нових генотипів, краще адаптованих до мінливих умов навколишнього середовища, зі здатністю більш ефективно використовувати ресурси та поєднувати високу поживну цінність зерна з комплексом ознак, що впливають на рівень урожайності, з урахуванням генетичних варіацій вмісту білків і поживних речовин у геноплазмі пшениці, які контролюються генетично та суттєво реагують на умови вирощування.

Підтверджено, що для успішної селекційної роботи по створенню вихідного матеріалу необхідно ретельно добирати батьківські форми для схрещувань, враховувати не тільки потенціал урожайності та якості зерна, але й стабільність їх прояву особливо за несприятливих умов середовища, з меншим розмахом варіювання значень ознак.

За селекції методом педігрі добір елітних колосів починали з F_2 і продовжували безперервно в ряді послідуєчих поколінь. Індивідуальні добори по колосу проводили з урахуванням комплексу біометричних ознак. Добір із гібридних популяцій трансгресивних форм за продуктивністю під час обмолоту колосів та візуальної оцінки адаптивність за морфологічними властивостями зерна з подальшою їх генетичною стабілізацією суттєво підвищував ефективність селекційного процесу.

Аналіз гібридів першого покоління показав, що ефект гетерозису частіше виявлявся за однією, рідше – за двома, зрідка – за більшою кількістю ознак, а частота новоутворень з наддомінуванням була максимальною в задовільних і несприятливих за погодними умовами роках. Коефіцієнти варіації в гібридних популяціях поступово знижувалися, що свідчило про вплив стабілізуючого та спрямованого добору перспективних ліній за цінними ознаками в процесі селекції.

Установлено, що рівень прояву продуктивності, якісних показників, інших цінних ознак у гібридів значно варіює залежно від генотипу, умов середовища й покоління нащадків. У сприятливі роки підвищується кількість гетерозисних комбінацій за багатьма елементами продуктивності. У F_2 частка гетерозисних комбінацій знижувалась за всіма ознаками. Визначено, що на характер формотворення в F_2 впливали ефекти гетерозису, які були виявлені в F_1 .

У процесі добору в гібридних популяціях проявилася диференціація за кількістю відібраних генотипів, яка в наступних поколіннях була вищою для

схрещувань з високим рівнем гетерозисуза комплексом ознак у F_1 . Це підтвердило ефективність добору та збільшило можливість виділити генотипи з високою селекційною цінністю. Установлено високий рівень частоти та ступеня прояву позитивних трансгресій у гібридів F_2 і F_3 , що визначались поєднанням компонентів схрещувань, величиною ступеня домінування, а також залежали від ознаки та року.

Добір стабільних за крупністю зерна генотипів дозволив досягти значного прогресу, ознака має високий спадковий контроль і значну селекційну цінність, що підтвердилось внеском генотипу (47,5 %; 55,1 %) і рівнем точності розділення генотипів ($HR_{0,05}=0,93$ г). Взаємодія рік \times генотип істотно впливала на рівень показника, що вказує на важливість урахування рівня адаптивності генотипу. Стабільність ознаки підтверджена внеском у загальну дисперсію факторів: різниця між ними становила 12,3 % (стабільність середня) і 27,2 % (висока).

Вміст білка та клейковини, показник седиментації слугували критеріями селекційної цінності гібридів першого покоління, бо за перевищення рівня батьків або проміжного успадкування в подальшому одержали трансгресивні рекомбінанти. Установлено, що найвища ефективність добору трансгресивних форм була в другому поколінні з наступною перевіркою на гомозиготність. Успіх селекції на якість зерна залежав від підбору батьківських пар для схрещування, методів добору та оцінки. Починали оцінку з гібридів першого покоління за органолептичними показниками, більшість з яких пов'язані з адаптивністю генотипу до несприятливих чинників середовища. Ефективність скринінгу залежала від генетичних розбіжностей між батьками та постійного контролю за якістю та рівнем інших цінних ознак в процесі селекції.

На основі визначених особливостей створення вихідного матеріалу пшениці озимої з високим потенціалом продуктивності та якості зерна, з комплексом інших цінних ознак, удосконалено методичні підходи до проведення оцінки та виокремлення генотипів із такими параметрами, що відповідало меті та задачам наукового завдання. Доведено, що для ідентифікації генотипів з підвищеною врожайністю, стабільністю та якістю зерна та об'єктивної неупередженої оцінки ліній пшениці озимої на завершальних етапах селекційного процесу доцільно використовувати інтегральний показник «рейтинг адаптивності сорту» за комплексом цінних ознак, що привело до появи нових корисних результатів (передача п'ятох ліній до УІЕСР на ДКЕ як нові сорти).

Дістали подальшого розвитку підходи до диференціювання ліній пшениці озимої за їх адаптивними властивостями із застосуванням статистичного аналізу з визначенням показників пластичності та стабільності й загального їх рейтингу за врожайністю, висотою рослин і ознаками якості зерна, що дозволяє встановити достовірність відмінностей між генотипами та одержати об'єктивну інформацію для добору цінного вихідного матеріалу в селекції на адаптивність.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. FAOSTAT, 2018. FAOSTAT crops [WWW document]. URL <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (accessed 11.22.18).
2. Lobell, D.B., Sibley, A., & Ivan Ortiz-Monasterio, J. (2012). Extreme heat effects on wheat senescence in India. *Nat. Clim. Chang.* 2, 186–189. doi:10.1038/nclimate1356.
3. Гамаюнова В. В., Корхова М. М., Панфілова А. В., Смірнова І. В., Коваленко О. А., Хоненко Л. Г. Пшениця озима: ресурсний потенціал та технологія вирощування : монографія. Миколаїв : МНАУ, 2021. 300 с. ISBN 978-617-7149-58-2
4. Macholdt, J., & Honermeier, B. (2017). Yield stability in winter Wheat production: A survey on German farmers and advisors' views. *Agronomy*. Vol. 7, Iss. 3. Article Number 45. doi: 10.3390/agronomy7030045
5. Do, T., Anderson, K., & Wade Brorsen, B. The World's Wheat Supply. Oklahoma Cooperative Extension Service. URL: <http://wheat.okstate.edu/economics-marketing/AGEC-620web.pdf>.
6. Базалій В., Бойчук І., Домарацький Є., Ларченко О., Базалій Г. Реалізація генетичного потенціалу продуктивності сортів пшениці м'якої озимої за різних умов вирощування. *Вісник Львівського НАУ. Серія : Агронімія*. 2018. № 22 (1). С. 319–325.
7. Diordiieva, I., Riabovol, L., Riabovol, I. et al. (2018). The characteristics of wheat collection samples created by *Triticum aestivum* L. / *Triticum spelta* L. hybridization. *Agronomy Research*. Vol. 16, No. 5. P. 2005–2015. doi: <http://dx.doi.org/10.15159/ar.18.181>
8. Маханьова Ю. Експорт зернових культур України, ЄС і країн світу в умовах сучасних інтеграційних процесів. *Проблеми економіки*. 2015. № 1. С. 27–36.
9. Моргун В. В. Внесок генетики і селекції рослин у забезпечення продовольчої безпеки України. *Вісник НАН України*. 2016. № 5. С. 20–23.

10. Грабовська Т. О., Грабовський М. В., Мельник Г. Г. Урожайність та якість сортів пшениці озимої за органічного виробництва. *Агробіологія* : збірник наукових праць. 2016. № 2. С. 38–45.
11. Trnka, M., Rötter, R.P., Ruiz-Ramos, M., Kersebaum, K.C., Olesen, J.E., Žalud, Z., & Semenov, M.A., (2014). Adverse weather conditions for European wheat production will become more frequent with climate change. *Nat. Clim. Change*. No. 4, 637–643. doi: 10.1038/nclimate2242
12. Солодушко М. М. Урожайність та адаптивний потенціал сучасних сортів пшениці м'якої озимої в умовах Північного Степу. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2014. № 3. С. 61–66.
13. Черенков А. В., Гасанова І. І., Солодушко М. М. Пшениця озима – розвиток та селекція культури в історичному аспекті. *Бюлетень Інституту сільського господарства Степової зони*. 2014. № 6. С. 3–6.
14. Каленська С. М., Токар Б. Ю., Ташева Ю. В. Управління стійкістю рослин зернових культур до вилягання. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія «Агрономія»*. 2015. Ч. 1. Вип. 210. С. 22–30.
15. Черенков А. В., Солодушко М. М., Ярошенко С. С., Гасанова І. І., Педаш О. О., Дудка М. І. Особливості вирощування пшениці озимої в Степу України : монографія. Київ : Аграрна наука, 2021. 184 с. doi: 10.31073/978-966-540-521-4
16. Korkhova, M., Smirnova, I., Panfilova, A., & Bilichenko, O. (2023). Productivity of winter wheat depending on varietal characteristics and pre-sowing treatment of seeds with biological products. *Scientific Horizons*. № 26 (5). P. 65–75. doi: 10.48077/scihor5.2023.65
17. Solodushko, M.M., Gasanova, I.I., Yaroshenko, S.S., Pedash, O.O., Drumova, O.M., Astakhova, Ya.V., Yerashova, M.V., & Bezsusidnya, Yu.V. (2021). Effect of mineral nutrition on winter wheat yield after sunflower in Ukrainian steppe zone. *Ukrainian Journal of Ecology*. Vol. 11 (7). P. 179–184. doi:10.15421/2021_256
18. Чугрій Г. А., Вискуб Р. С., Поплевко В. І., Шульц П., Скнипа Н. Л. Наукові принципи підбору сортів пшениці м'якої озимої за адаптивними ознаками. *Аграрні інновації*. 2022. № 11. С. 60–67. doi: 10.32848/agrar.innov.2022.11.8
19. Ліхушина Г. А., Скнипа Н. Л. Вплив стимуляторів росту рослин та фонів живлення на формування біометричних показників пшениці озимої в

умовах східної частини Північного Степу України. *Зернові культури*. 2024. Т. 8. № 1. С. 92–100. doi: 10.31867/2523-4544/0316

20. Штакал М. І., Голик Л. М., Левченко О. С., Шпакович І. В., Іващенко С. Ф. Оцінювання сортів і ліній пшениці озимої за стабільною врожайністю та адаптивністю в умовах зміни клімату Лісостепу. *Вісник аграрної науки*. 2022. № 3 (828). С. 62–69. doi: 10.31073/agrovisnyk202203-08

21. Самойлик М. О., Устинова Г. Л., Лозінський М. В., Корхова М. М., Уліч О. Л. Оцінка врожайних та адаптивних властивостей нових сортів пшениці м'якої озимої. *Вісник аграрної науки*. 2023. № 2 (839). С. 34–42. doi:10.31073/agrovisnyk202302-05

22. Sallam, M., Ghazy, A., Al-Doss, A., & Al-Ashkar, I. (2024). Combining Genetic and Phenotypic Analyses for Detecting Bread Wheat Genotypes of Drought Tolerance through Multivariate Analysis Techniques. *Life*. 14. 183. doi: 10.3390/life14020183

23. Mondal, S., Dutta, S., Crespo-Herrera, L., Huerta-Espino, J., Braun, H. J., & Singh, R. P. (2020). Fifty years of semi-dwarf spring wheat breeding at CIMMYT: Grain yield progress in optimum, drought and heat stress environments. *Field Crops Research*, 250, 107757. doi: 10.1016/j.fcr.2020.107757

24. Tadesse, W. (2019). Genetic gains in wheat breeding and its role in feeding the world. *Crop Breed Genet Genom*. 2019;1:e190005. doi:10.20900/cbgg20190005

25. Bentley, A. (2022). Broken bread—Avert global wheat crisis caused by invasion of Ukraine. *Nature*, 603(7902), 551. doi: 10.1038/d41586-022-00789-x

26. Godfray, H.C.J., Beddington, J.R., Crute, I.R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J.F., Pretty, J., Robinson, S., Thomas, S.M., & Toulmin, C. (2010). Food security: The challenge of feeding 9 billion people. *Science*, 327(5967), 812–818. doi: 10.1126/science.1185383

27. Ray, D.K., West, P.C., Clark, M., Gerber, J.S., Prishchepov, A.V., & Chatterjee, S. (2019). Climate change has likely already affected global food production. *PLoS ONE*, 14(5), e0217148. doi: 10.1371/journal.pone.0217148

28. Nadew, B. B. Effects of climatic and agronomic factors on yield and quality of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) seed: a review on selected factors(2018). *Advances in Crop Science and Technology*. Vol. 6, Iss. 2. P. 356–341. doi:10.4172/2329-8863.1000356

29. Angus, J.F., Kirkegaard, J.A., Hunt, J.R. et al. (2015). Break crops and rotations for wheat. *Crop and Pasture Science*. Vol. 66, Iss. 6. 523–552. doi:10.1071/CP14252

30. Morgounov, A., Abugalieva, A., & Martynov, S. (2014). Effect of climate change and variety on long-term variation of grain yield and quality in winter wheat in Kazakhstan *Cereal Research Communications*. Vol. 42, Iss. 1. 163–172.

doi:10.1556/CRC.2013.0047

31. Попереля Ф. О. Три основні генетичні системи якості зерна озимої м'якої пшениці. *Реалізація потенційних можливостей сортів та гібридів Селекційно-генетичного інституту в умовах України : збірник наукових праць*. Одеса, 1996. С. 117–132.

32. Kumar, A., Garg, M., Kaur, N. et al. (2017). Rapid development and characterization of chromosome specific translocation line of *Thinopyrum elongatum* with improved dough strength. *Frontiers in Plant Science*. Vol. 8. Article Number 1593. 13 p. doi: 10.3389/fpls.2017.01593

33. Elbasyoni, I.S., Morsy, S.M., Ramamurthy, R.K., & Nassar, A.M. (2018). Identification of genomic regions contributing to protein accumulation in wheat under well-watered and water deficit growth conditions plants. *Plants*. Vol. 7, No. 3. Article Number 56. 15 p. doi: 10.3390/plants7030056

34. Padmanaban, S., Zhang, P., Hare, R.A. et al. (2017). Pentaploid wheat hybrids: applications, characterisation, and challenges. *Frontiers in Plant Science*. Vol. 8. Article Number 358. 11 p. doi: 10.3389/fpls.2017.00358

35. Січкач С. М., Великожон Л. Г., Дубровна О. В. Аналіз локусів *Glu1* у гібридів *Triticum spelta* L. × *Triticum aestivum* L. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2017. Т. 21. С. 187–192.

36. Полянецька І. О. Селекційно-генетичне покращення *Triticum spelta* L. та використання її в селекції *Triticum aestivum* L.: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : спец. 06.01.05 «Селекція і насінництво». Київ, 2012. 20 с.

37. Сухомуд О. Г., Любич В. В., Полянецька І. О., Парій Ф. М. Якість зерна спельтоподібних гібридів F₃₋₅, одержаних від схрещування *Triticum aestivum* L. / *Triticum spelta* L. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2012. № 81 (1). С. 183–189.

38. Albahri, G., Alyamani, A.A., Badran, A., Hijazi, A., Nasser, M., Maresca, M. & Baydoun, E. (2023). Enhancing Essential Grains Yield for Sustainable Food Security and Bio-Safe Agriculture through Latest Innovative Approaches. *Agronomy*, 13(7), 1709. doi:10.3390/agronomy13071709.

39. Johansson, E., Lan, Y., Olalekan, O. et al. (2024). Alien introgression to wheat for food security: functional and nutritional quality for novel products under climate change. *Frontiers in Nutrition*. Vol. 11, e: 1393357.

doi:10.3389/fnut.2024.1393357

40. Фанін Я. С., Литвиненко М. А. Урожайність та показники якості зерна у вітчизняних і закордонних сортів озимої м'якої пшениці. *Зернові культури*. Том 7. № 1. 2023. С. 129–137. doi:10.31867/2523-4544/0268

41. Рибалка О. І., Поліщук С. С., Моргун Б. В. Нові напрями в селекції зернових культур на якість зерна. *Вісник аграрної науки*, 2018. 11 (788) С. 120–133.

42. Nirgude, R. R. & Sonawane, K. G. (2017). An estimation of impact of wheat production technology. *Trends Biosci.* 10(27), 5759–5766 .

43. Mariem, S.B., Gámez, A.-L., Larraya, L., Fuertes-Mendizabal, T., Cañameras, N., Araus, J.L., McGrath, S.P., Hawkesford, M.J., Murua, C.G., Gaudeul, M., Medina, L., Paton, A., Cattivelli, L., Fangmeier, A., Bunce, J., Tausz-Posch, S., Macdonald, A.J., & Aranjuelo, I., (2020). Assessing the evolution of wheat grain traits during the last 166 years using archived samples. *Scientific Reports.* 10:21828. 1-13. doi:10.1038/s41598-020-78504-x

44. Lu, M.; Cao, X.; Pan, J.; Gurajala, H.K.; He, Z.; Yang, X., & Khan, M.B. (2020). Genotypic Variations in Zinc Accumulation and Bioaccessibility among Wheat (*Triticum aestivum* L.) Genotypes under Two Different Field Conditions. *J. Cereal Sci.* 93, 102953.

45. Igrejas, G. & Branlard, G. (2020). The Importance of Wheat. In *Wheat Quality for Improving Processing and Human Health*; Igrejas, G., Ikeda, T.M., Guzmán, C., Eds.; Springer International Publishing: Cham, Switzerland, 1–7. ISBN 978-3-030-34162-6.

46. Ray, D.K., Mueller, N.D., West, P.C., & Foley, J.A. (2013). Yield Trends Are Insufficient to Double Global Crop Production by 2050. *PLoS ONE.* 8, e66428.

47. Raza, A., Razzaq, A., Mehmood, S., Zou, X., Zhang, X., Lv, Y., & Xu, J. (2019). Impact of Climate Change on Crops Adaptation and Strategies to Tackle Its Outcome: A Review. *Plant.* 8, 34.

48. Langridge, P. (2013). Wheat Genomics and the Ambitious Targets for Future Wheat Production. *Genome.* 56, 545–547.

49. International Wheat Genome Sequencing Consortium (IWGSC). (2018). Shifting the Limits in Wheat Research and Breeding Using a Fully Annotated Reference Genome. *Science.* 361, eaar7191.

50. Tian, S., Ning, T., Zhao, H., Wang, B., Li, N., Han, H., Li, Z., & Chi, S. (2012). Response of CH₄ and N₂O Emissions and Wheat Yields to Tillage Method Changes in the North China Plain. *PLoS ONE.* 7, e51206.

51. Savary, S., Willocquet, L., Pethybridge, S.J., Esker, P., McRoberts, N., & Nelson, A. (2019). The Global Burden of Pathogens and Pests on Major Food Crops. *Nat. Ecol. Evol.* 3, 430-439.
52. Jeger, M., Beresford, R., Bock, C., Brown, N., Fox, A., Newton, A., Vicent, A., Xu, X., & Yuen, J. (2021). Global Challenges Facing Plant Pathology: Multidisciplinary Approaches to Meet the Food Security and Environmental Challenges in the Mid-Twenty-First Century. *CABI Agric. Biosci.* 2, 20.
53. Hafeez, A.N., Arora, S., Ghosh, S., Gilbert, D., Bowden, R.L., & Wulff, B.B.H. (2021). Creation and Judicious Application of a Wheat Resistance Gene Atlas. *Mol. Plant.* 14, 1053-1070.
54. Mapuranga, J., Zhang, L., Zhang, N., & Yang, W. (2022). The Haustorium: The Root of Biotrophic Fungal Pathogens. *Front. Plant Sci.* 13, 963705.
55. Prasad, P., Bhardwaj, S.C., Thakur, R.K., Adhikari, S., Gangwar, O.P.; Lata, C., & Kumar, S. (2021). Prospects of Climate Change Effects on Wheat Diseases. *J. Cereal Res.* 13, 2.
56. G., Albahri, A., Alyamani A., Badran, A., Hijazi, M., Nasser, M., Maresca, & E., Baydoun (2023). Enhancing Essential Grains Yield for Sustainable Food Security and Bio-Safe Agriculture through Latest Innovative Approaches. *Agronomy*, 13(7), 1709. doi:10.3390/agronomy13071709
57. Ремесло В. М., Рубін С. С., Блажевський В. К. та ін. Чим забезпечуються високі врожаї пшениці. Одеса : Маяк, 1967. 103 с.
58. Спосіб подвійного запилення в селекції м'якої озимої пшениці *Triticum aestivum* L. : пат. 139973 Україна. А01Н 1/04 / Г. Б. Вологдіна, О. А. Демидов, О. В. Гуменюк, Н. П. Замліла, О. Л. Дергачов. № а 2019 05091; заявл. 14.05.2019; опубл. 10.02.2020, Бюл. № 3. 3 с.
59. Методика проведення експертизи та державного випробування сортів рослин зернових, круп'яних та зернобобових культур. Охорона прав на сорти рослин. Офіційний бюлетень. Київ, 2003. Т. 2, Ч. 3. 241 с.
60. Основи селекції польових культур на стійкість до шкідливих організмів : навчальний посібник / за ред. В. В. Кириченка, В. П. Петренкової. Харків : Ін.-т рослинництва ім. В. Я. Юр'єва, 2012. 320 с.
61. Пшениця. Технічні умови : ДСТУ 3768:2010. [Чинний від 2010-04-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2010. 17 с. (Національні стандарти України).
62. Пшениця. Технічні умови : ДСТУ 3768:2019. [Чинний від 2019-06-10]. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019. 21 с. (Національні стандарти України).

63. Дідора В. Г., Смаглий О. Ф., Ермантраут Е. Р. та ін. Методика наукових досліджень в агрономії: навчальний посібник. Київ: «Центр учбової літератури», 2013. 264 с.
64. Griffing, B. (1950). Analysis of quantitative gene action by constant parent regression and related techniques. *Genetics*. Vol. 35. P. 303–321.
65. Beil G. M., Atkins R. E. Inheritance of quantitative characters in grain sorghum. *Iowa State College Journal of Science*. 1965. Vol. 39, Iss. 3. P. 345–358.
66. Воскресенская Г. С., Шпота В. И. Трансгрессия признаков у гибридов и методика количественного учета этого явления. *Доклады ВАСНИЛ*. 1967. № 7. С. 18–20.
67. Літун П. П., Кириченко В. В., Петренкова В. П., Коломацька В. П. Системний аналіз в селекції польових культур: навчальний посібник. Харків, 2009. 354 с.
68. Опря А. Т., Дорогань-Писаренко Л. О., Єгорова О. В., Кононенко Ж. А. Статистика (модульний варіант з програмованою формою контролю знань). 2-ге вид., перероб. і допов. Київ: Центр учбової літератури, 2014. 536 с.
69. Фетісов В. С. Пакет статистичного аналізу даних STATISTICA. Ніжин: НДУ ім. М. В. Гоголя, 2018. 114 с.
70. Farshadfar, E., Poursiahbidi, M. M., & Safavi, S. M. (2018). Assessment of drought tolerance in land races of bread wheat based on resistance/tolerance indices. *International International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research*. Vol. 6, Iss. 4. P. 233–245.
71. Eberhart, S. A., & Russell, W. A. (1966). Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*. Vol. 6, Iss. 1. P. 36–40.
72. Кильчевский А. В., Хотылёва Л. В. Метод оценки адаптивной способности и стабильности генотипов, дифференцирующей способности среды. Сообщение I. Обоснование метода. *Генетика*. 1985. Т. 21, № 9. С. 1481–1490.
73. Снедекор Дж. У. Статистические методы в применении к исследованиям в сельском хозяйстве и биологии / пер. с англ. В. Н. Перегудова. Москва: Сельхозиздат, 1961. 503 с.
74. Власенко В. А. Оцінка адаптивності сортів пшениці м'якої ярої. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2006. № 4. С. 93–103.
75. Власенко В. А., Кочмарський В. С., Колючий В. Т. та ін. Селекційна еволюція миронівських пшениць. Миронівка, 2012. 330 с.
76. Наукові основи селекції озимої пшениці на агроекологічну адаптивність: монографія / В. В. Базалій, Є. О. Домарацький, Г. Г. Базалій, М. М.

Корхова, О. В. Ларченко, Н. В. Кириченко, А. В. Панфілова. Миколаїв : МНАУ, 2024. 244 с. ISBN 978-617-7149-75-9

77. Бурденюк-Тарасевич Л. А., Лозінський М. В. Принципи підбору пар для гібридизації в селекції озимої пшениці *T.aestivum* L. на адаптивність до умов довкілля. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2015. Т. 16. С. 92–96.

78. Makebe, A., Shimelis, H., & Mashilo, J. (2024). Selection of M5 mutant lines of wheat (*Triticum aestivum*L.) for agronomic traits and biomass allocation under drought stress and non-stressed conditions. *Frontiers in Plant Science*, 15. doi: 10.3389/fpls.2024.1314014

79. Guo, Z., Zhao, Y., Röder, M.S., Reif, J.C., Ganal, M.W., Chen, D., & Schnurbusch, T. (2018). Manipulation and prediction of spike morphology traits for the improvement of grain yield in wheat. *Scientific Reports*, 8(1), article number 14435. doi: 10.1038/s41598-018-31977-3

80. Демидов О. А., Рисін А. Л., Вологдіна Г. Б., Гуменюк О. В., Федоренко І. В. Особливості створення вихідного матеріалу пшениці м'якої озимої з високим потенціалом продуктивності та якості зерна в Лісостепу України: монографія. Київ: Компрінт, 2024. 276 с. doi: 10.31073/978-617-8171-51-3

81. Торяник В. М., Василенко М. О. Аналіз господарсько-цінних ознак вітчизняних сортів пшениці м'якої озимої як вихідного матеріалу для селекції нових високопродуктивних сортів в умовах Іванівської дослідно-селекційної станції. Слобожанський науковий вісник. Серія Природничі науки. 2023. Вип. 1. С. 39-43. doi: 10.32782/naturalspu/2023.1.8

82. Моргун В. В., Січкач С. М., Починок В. М., Голік О. В., Чугункова Т. В. Аналіз структури продуктивності колекційних зразків малопоширених видів пшениці. Фактори експериментальної еволюції організмів. 2015. Т. 16. С. 136-140.

83. Штакал М. І., Голик Л. М., Левченко О. С. та ін. Оцінювання сортів і ліній пшениці озимої за стабільною врожайністю та адаптивністю в умовах зміни клімату Лісостепу. *Вісник аграрної науки*. 2022. № 2 (828). С. 62–69.

84. Liu Y., Chen Q., Chen J. Et al. Plausible changes in wheat-growing periods and grain yield in China triggered by future climate change under multiple scenarios and periods. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*. 2021. Vol. 147, Iss. 741. P. 4371–4387. doi: 10.1002/qj.4184

85. Близнюк Б. В., Лось Р. М., Демидов О. А. та ін. Вплив погодних умов на тривалість окремих періодів вегетації та врожайність пшениці м'якої озимої у Лісостепу й Поліссі. *Миронівський вісник*. 2019. Вип. 8. С. 73–90.

86. Феоктістов П. О., Блищик Д. В. Вплив змін клімату на строки сівби озимої пшениці на Півдні України. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2014. № 1–2. С. 56–61.

87. Кривенко А. І., Почколіна С. В., Безеде Н. Г. Урожайність та якість зерна перспективних сортів озимої пшениці за різними строками сівби в умовах Південного Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2019. № 107. С. 78–85. doi: 10.32851/2226-0099.2019.107.10