

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
БІЛОЦЕРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
АГРОБІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

Спеціальність 201 «Агрономія»

Допускається до захисту
Зав. кафедри генетики, селекції
і насінництва с.-г. культур
професор Лозінський М.В. _____
« » грудня 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

**ОЦІНКА ЛІНІЙ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ МУТАНТНОГО
ПОХОДЖЕННЯ ЗА ПОКАЗНИКАМИ ЯКОСТІ ЗЕРНА В УМОВАХ
ДОСЛІДНОГО ПОЛЯ НВЦ БІЛОЦЕРКІВСЬКОГО НАУ**

Рівень вищої освіти: другий (освітній рівень)

Кваліфікація: «Магістр з агрономії»

Виконав: Заболотній Віталій
Сергійович

Керівник: доктор с.-г. наук,
професор Лозінський М.В.

Я, Заболотній В.С., засвічую, що кваліфікаційну роботу виконано з дотриманням принципів академічної доброчесності.

Біла Церква – 2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
БІЛОЦЕРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет агробіотехнологічний

Спеціальність: 201 «Агрономія»

Затверджую

Гарант ОП 201 «Агрономія».....

_____ професор Грабовський М.Б.

« » грудня 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу здобувачу

Заболотному Віталію Сергійовичу

Тема роботи: Оцінка ліній пшениці м'якої озимої мутантного походження за показниками якості зерна в умовах дослідного поля НВЦ Білоцерківського НАУ

Затверджено наказом ректора № 607/С від 24.12 2024 р.

Термін здачі студентом готової кваліфікаційної роботи в деканат: до «10» 12. 2025 р.

Перелік питань, що розробляються в роботі. Вихідні дані: показники загальної і повної скловидності, вмісту клейковини, седиментації, білка у зерні ліній пшениці м'якої озимої
 Календарний план виконання роботи

Етап виконання	Дата виконання етапу	Відмітка про виконання
Огляд літератури	до 06.10. 2025 р.	виконано
Методична частина	до 16.10. 2025 р.	виконано
Дослідницька частина	до 30.10. 2025 р.	виконано
Оформлення роботи	до 25.11. 2025 р.	виконано
Перевірка на плагіат	до 04.12. 2025 р.	виконано
Подання на рецензування	до 04.12. 2025 р.	виконано
Попередній розгляд на кафедрі	04.12. 2025 р.	виконано

Керівник кваліфікаційної роботи _____

професор Лозінський М.В.

підпис

вчене звання, прізвище, ініціали

Здобувач _____

підпис

Заболотній В.С.

прізвище, ініціали

Дата отримання завдання «03» вересня 2024 р.

РЕФЕРАТ

Заболотний В.С. Оцінка ліній пшениці м'якої озимої мутантного походження за показниками якості зерна в умовах дослідного поля НВЦ Білоцерківського НАУ

Матеріалом для досліджень були три міжмутантні лінії, відібрані з популяцій пізніх поколінь міжмутантних гібридів пшениці м'якої озимої, а саме 594 *erythrospermum* віділена з популяції Мутант 42 / Мутант 260; 572 *erythrospermum* і 574 *lutescens* – відібрані з популяції Мутант 42 / Мутант 236. За стандарт був сорт Лісова пісня – оригінатор Білоцерківська ДСС Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України. Батьківськими формами, що залучалися до гібридизації були Мутант 42, Мутант 260 і Мутант 236, що були отримані методом хімічного мутагенезу на кафедрі генетики селекції і насінництва сільськогосподарських культур Білоцерківського НАУ професором С. П. Васильківським.

Метою нашої роботи було встановлення формування і успадкування показників якості зерна у ліній пшениці м'якої озимої відібраних з популяцій за міжмутантної гібридизації.

Дослідження проводили відповідно Методики проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Методи визначення показників якості продукції рослинництва.

Кваліфікаційна робота магістра містить 69 сторінок, 17 таблиць, список використаних джерел із 75 найменувань.

Ключові слова: пшениця м'яка озима, лінія, міжмутантна популяція, загальна і повна склоподібність, вміст і якість клейковини, показник седиментації, вміст білку, тип успадкування, трансгресії.

ANNOTATION

Zabolotnyi V.S. Evaluation of soft winter wheat lines of mutant origin based on grain quality indicators under the conditions of the experimental field of the Educational and Research Center of Bila Tserkva NAU

The material for the research consisted of three intermutant lines selected from populations of late generations of intermutant hybrids of soft winter wheat, namely 594 erythrospERMum isolated from the Mutant 42 / Mutant 260 population; 572 erythrospERMum and 574 lutescens – selected from the Mutant 42 / Mutant 236 population. The standard was the Lisova Pisnya variety – the originator of the Bilotserkivska DSS of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beets of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine. The parental forms involved in hybridisation were Mutant 42, Mutant 260 and Mutant 236, which were obtained by chemical mutagenesis at the Department of Genetics, Selection and Seed Production of Agricultural Crops of the Bila Tserkva National Agrarian University by Professor S. P. Vasylykivsky.

The aim of our work was to establish the formation and inheritance of grain quality indicators in soft winter wheat lines selected from populations through intermutant hybridisation.

The research was conducted in accordance with the Methodology for conducting a qualification examination of plant varieties for suitability for distribution in Ukraine. Methods for determining the quality indicators of crop production

The master's thesis contains 69 pages, 17 tables, and a list of 75 references.

Key words: soft winter wheat, line, intermutant population, total and complete vitreousness, gluten content and quality, sedimentation index, protein content, inheritance type, transgression.

ЗМІСТ

Вступ.....	6
Розділ 1. Огляд літератури	8
1.1. Різноманітність пшениці	8
1.2. Сорт як фактор зростання врожайності і якості зерна пшениці....	13
1.3. Якість зерна пшениці і шляхи її покращення.....	19
Розділ 2. Умови, матеріал та методика проведення досліджень.....	26
2.1. Ґрунтово-кліматичні умови зони досліджень.....	26
2.2. Метеорологічні умови в роки проведення досліджень.....	26
2.3. Матеріал, мета та методика проведення досліджень.....	31
Розділ 3. Порівняння ліній пшениці м'якої озимої міжмутантного походження за якістю зерна	34
3.1. Аналіз міжмутантних ліній за загальною та повною склоподібністю зерна.....	34
3.2. Оцінка ліній за вмістом клейковини.....	42
3.3. Аналіз ліній за показником седиментації.....	47
3.4. Оцінка ліній пшениці за вмістом білка в зерні.....	50
Висновки	55
Пропозиції для селекційної практики.....	57
Список використаної літератури.....	58
Додатки.....	67

ВСТУП

Провідна роль в забезпеченні населення планети продуктами харчування відводиться пшениці. Важливе місце в роду *Triticum* L. займає надзвичайно поліморфний вид - пшениця (*T. aestivum* L.) озима, яка є основною зерновою культурою нашої країни [1, 2], тому збільшення рівня виробництва та покращення якості зерна становить одну з важливих проблем сучасного аграрного сектору.

Сортові ресурси відіграють важливе значення у підвищенні рівня врожайності основних сільськогосподарських культур, до яких належить і пшениця м'яка озима [3].

Однак протягом останніх десятиріч, одночасно зі зростанням врожайності, відбувається істотне погіршення якості зерна, включаючи показник масової частки білка.

Для досягнення успіху в селекції пшениці на покращення продуктивності та якості зерна потрібно створювати сучасні сорти рослин, які б характеризувалися об'єднаними в одному генотипі такими ознаками, як високий рівень продуктивності, підвищена якість зерна, комплексна стійкість до хвороб та шкідників, а також наявність важливих мікроелементів і вітамінів у своєму складі. Велику роль в результативності селекції на якість відіграє наявність генетичного матеріалу, що знаходиться у світових колекціях генофонду [4, 5].

Основними методом збагачення генофонду пшениці озимої є розширення спадкової мінливості культури, добір унікальних мутацій та рекомбінацій, грамотне поєднання мутаційної та комбінаційної мінливості [1, 6]. Під дією мутагенних чинників, збільшується частота кросинговеру, виникають рідкісні трансгресивні комбінації, змінюються ефекти взаємозв'язку генів, відбувається зміщення домінування ознак, що допомагає повніше реалізувати потенційну спадкову мінливість [7, 8].

Базовими методами в створенні нових перспективних сортів пшениці м'якої озимої є класична селекція, застосування експериментального мутагенезу, віддалена гібридизація та генетична трансформація [1, 6, 9].

На даний час актуальним напрямком селекційної роботи є створення сортів озимої пшениці, що несуть в собі спадково адаптовані генетичні системи контролю стійкості до окремих або цілого комплексу біотичних та абіотичних факторів. Нові сорти можуть забезпечити реалізацію доволі високого рівня генетичного потенціалу продуктивності, при цьому підвищуючи його як селекційним шляхом, так і агротехнічними прийомами.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Різноманітність пшениці

Пшениця м'яка (*Triticum aestivum* L.) – є однорічною озимою або ярою трав'янистою рослиною. Коренева система пшениці мичкувата, корінці рослини поділяються на два типи: зародкові (первинні) і придаткові, або стеблові. Пагони кушення разом з зачатками придаткових корінців утворюють вузол кушення, або так звану кореневу шийку. Стебло пшениці представлене соломиною циліндричної форми, яка складається з листків, вузлів та міжвузлів. Одна рослина пшениці м'якої утворює в середньому 3–5 стебел, два або три, з яких є продуктивними. Довжина стебла обумовлена генетично, однак підлягає впливу умов зовнішнього середовища. Суцвіття пшениці колос, який складається з зигзагоподібного стрижня, що поділений на членики. На кожному вигині колосового стрижня розміщені багатоквіткові колоски. Колосок складається з двох колоскових лусок, всередині яких розміщено 2–7 квіток, кожна з яких складається з двох квіткових лусок, між якими знаходяться тичинки та одногнізда зав'язь [10].

Історія створення класифікації пшениці нараховує більше двох століть. Натомість жодна з розроблених систематик роду *Triticum* L. не знайшла визнання у світовому науковому товаристві. Наукові дискусії ведуться, головним чином, у визначенні меж роду *Triticum* L. і принципів внутрішньо родового групування від яких залежить кількість ідентифікованих видів. Науково обґрунтованою є систематика пшениці розроблена у відділі пшениці Всесоюзного інституту рослинництва, яка складається із шести секцій і 27 видів, що об'єднані у 10 груп. Крім того, штучно створено два види октаплоїдної пшениці *Triticum timonovum* і *Triticum fungicidum* [11].

Triticum boeoticum Boiss. – однозернянка дика веотійська ($2n=14$, геном – A^b). З корисних ознак для селекції характеризується високим вмістом білка

у зерні, до 37 % і клейковини, до 57 %. Небажані селекційні ознаки – сильно ламкий колос, складний вимолот зерна.

Triticum Urartu Thum. ex Candil. – дика однозернянка Урарту ($2n=14$, геном – A^a). Бажаними для селекції ознаками є вміст білка, до 25 %. Небажані ознаки – сильно ламкий колос, складний вимолот зерна, сильна сприйнятливість до жовтої іржі.

Triticum monosocum L. – однозернянка культурна ($2n=14$, геном – A^b). Характеризується високим імунітетом до грибкових хвороб. Вміст білка до 28 %. Небажаними селекційними ознаками є ламкість колоса, важкий вимолот зерна, низька зернова продуктивність. Вид *Triticum monosocum* L., був першим видом пшениці, що вирощувався людиною для використання у якості продукту харчування.

Triticum sinskajae A. Filat. et Kurk. – пшениця Синської ($2n=14$, геном – A^b). Характеризується високою стійкістю до грибкових хвороб і вилягання. Високий вміст білка і легкий вимолот. У більшості не схрещується з іншими видами [11].

Triticum dicoccoides (Koern. ex Aschers. et Graebn). Schweif. – полба дика ($2n=28$, геном – A^uB). Вміст білка 23–30 %. Невибагливий до умов вирощування. Сильна ламкість колоса, складний вимолот зерна і сприйнятливість до хвороб.

Triticum dicocum (Schrack) Schuebl. – полба звичайна ($2n=28$, геном – A^uB). Характеризується ранньостиглістю, невибагливістю і толерантністю до умов вирощування. Висока стійкість до різних видів іржі, борошнистої роси і летючої сажки. Високий вміст білку (до 24 %). Добрі смакові якості крупи. Важкий вимолот зерна, ламкий колос, не висока врожайність зерна.

Triticum karamyshevii Nevski. – полба Карамишева (колхідська) ($2n=28$, геном – A^uB). Високостійкий до видів іржі і сажки. Ламкість колоса, важкий вимолот зерна, низька зимостійкість і висока вимогливість до вологості [11, 12].

Triticum isphahanicum Heslot. – полба ісфаганська ($2n=28$, геном – A^uB). Характеризується високим вмістом білка – до 25 % і склоподібністю зерна.

Сприйнятлива до борошнистої роси і жовтої іржі. Ламкий колос і важкий вимолот зерна. Зерно проростає на пні.

Triticum turgidum L. – пшениця тургідум ($2n=28$, геном – A^uB). Висока продуктивність колоса. Стійкість до вилягання. Є форми стійкі до хвороб. Високорослість і вимогливість до вологи.

Triticum jakubzineri Udacz. et Schachm. – пшениця Якубцинера ($2n=28$, геном – A^uB). Висока продуктивність. Є зразки стійкі до хвороб. Небажаними для селекції ознаками є високорослість і досить висока вимогливість до вологи.

Triticum durum Desf. – пшениця тверда ($2n=28$, геном – A^uB). Другий за поширеністю вид пшениці у світі. Стійкий до хвороб: бурої і жовтої іржі, летючої твердої сажки. Характеризується високими макаронними якостями зерна. У схрещуваннях виявляється гібридний некроз. Носій домінантних генів гібридної карликовості [11].

Triticum turanicum Jakubz. – пшениця Туранська ($2n=28$, геном – A^uB). Висока посухостійкість, велике склоподібне зерно, високі макаронні якості. Сприйнятливості до різних видів іржі, борошнистої роси, твердої і летючої сажки.

Triticum aethiopicum Jakubz. – пшениця ефіопська ($2n=28$, геном – A^uB). Характеризується ранньостиглістю і короткостебловістю. Стійка до стеблової та бурої іржі і кореневих гнилей. Вміст білка до 26 %. Порівняно невисока продуктивність колоса, слабка кущистість і посухостійкість. Сприйнятливості до твердої сажки.

Triticum polonicum L. – пшениця полонікум ($2n=28$, геном – A^uB). Характеризується ранньостиглістю. Велике зерно (маса 1000 зерен – до 80 г). Стійка до осипання зерна. Високоросла. Сприйнятлива до борошнистої роси, стеблової іржі і летючої сажки. Врожайність низька [11, 12].

Triticum persicum Vav. – пшениця персикум ($2n=28$, геном – A^uB). Стійка до низьких температур. Ранньостигла, стійка до проростання на пні. Висока стійкість до борошнистої роси, а деякі форми – до бурої іржі і летючої

сажки. Слабка посухостійкість і термостійкість. Дрібне зерно і низька якість борошна. Можлива летальність гібридних рослин.

Triticum macha Dekapr. et Menabde. – пшениця маха ($2n=42$, геном – A^uBD). Вологовитривала з великою листковою поверхнею та міцною соломиною. Окремі зразки стійкі проти летючої і твердої сажки. Важкий вимолот зерна, ламкість колоса, пізньостиглість. Слабка зимостійкість і посухостійкість.

Triticum spelta L. – пшениця спельта ($2n=42$, геном – A^uBD). Невибаглива до умов вирощування, порівняно зимостійка. Вміст білка у зерні – до 25 %. Висока хлібопекарська якість борошна. Важкий вимолот зерна, ламкість колоса. Низька продуктивність. Пізньостиглість і слабка посухостійкість. Сприйнятливість до хвороб [11].

Triticum araraticum Jakubz. – пшениця арапатська ($2n=28$, геном – A^bG). Вміст білка – до 30 %. Склоподібне зерно. Висока посухостійкість. Важкий вимолот зерна, ламкість колоса, низька продуктивність. Сприйнятливість до хвороб.

Triticum timopheevii (Zhuk.) Zhuk. – пшениця Тимофєєва ($2n=28$, геном – A^bG). Характеризується комплексним імунітетом до борошнистої роси, жовтої і бурої іржі, летючої і твердої сажки. Стійка до фузаріозу і скритно-листових мух. Вміст білка в зерні 19–22 %. Складний вимолот зерна, ламкість колоса. Високоросла з довгою зернівкою. Пізньостигла. Відсутні посухостійкі форми.

Triticum militinae Zhuk. et Migusch – пшениця Мілітіни ($2n=28$, геном – A^bG). Імунна до борошнистої роси, жовтої і бурої іржі, Високо стійка до стеблової іржі, твердої і летючої сажки. Вибаглива до вологи. Низька врожайність [11, 12].

Triticum vavilovii (Thum.) Jakubz. – пшениця Вавилова ($2n=42$, геном – A^uBD). Висока посухостійкість і термостійкість. Сильно пошкоджується видами іржі, сажки і борошнистою росою.

Triticum compactum Host. – пшениця компактум ($2n=42$, геном – A^uBD). Поліморфний вид. Деякі зразки характеризуються високими

хлібопекарськими якостями, мають вміст білка до 22 %. Стійка до вилягання і толерантна до низьких температур. Невисока продуктивність. Сильна сприйнятливість до бурої і жовтої іржі, летючої сажки.

Triticum aestivum L. – пшениця м'яка – гексаплоїдний вид ($2n=42$, геном – A^uBD). Основна зернова культура світу. Вид поліморфний, нараховує більше 100 різновидів, котрі диференційовані за багатьма корисними ознаками. Недостатньо стійка до борошнистої роси, септоріозу. Порівняно невисокий вміст білка у зерні. Залежно від остистості і відсутності остюків, опушення і забарвлення колоса, забарвлення остюків і зерна поділяється на різновиди, серед яких у виробництві найбільш поширені *lutescens* і *eritrospermum* [11, 12]. Генетичний апарат пшениці м'якої формувався впродовж багатьох тисячоліть і є найскладнішим поміж усіх видів пшениць [11].

Triticum sphaerococum Perciv. – пшениця кулезерна («шарозерна») ($2n=42$, геном – A^uBD). Стійка до вилягання. Має вертикальне розташування листків. Невибagliва до ґрунтових умов. Термостійка, ранньостигла. Має округле зерно, що підвищує вихід борошна. Недостатньо холодостійка. Сприйнятлива до видів іржі, сажки і борошнистої роси. Невисока посухостійкість.

Triticum petropavlovskiyi Udacz. et Migusch. – пшениця Петропавловського ($2n=42$, геном – A^uBD). Термостійка. Має велике склоподібне зерно. Схильна до вилягання. Високоросла. Недостатньо посухостійка. Сприйнятлива до різних поширених хвороб.

Triticum zhukovskiyi Menabde. et Erietzjan. – пшениця Жуковського ($2n=42$, геном – A^bA^bG). Імунна до борошнистої роси, бурої і жовтої іржі, летючої і твердої сажки. Вміст білка 23–25 %. Важкий вимолот зерна, ламкість колоса. Низька врожайність. Пізньостиглість і вимогливість до вологи.

Triticum kiharae Dorof. et Migusch. – пшениця Кіхари ($2n=42$, геном – A^bGD). Штучно створений амфідиплоїд. Підтримується у живому стані лише в науково-дослідних установах як штучно створений поліплоїд [11].

Triticum timonovum – пшениця Тімоновум ($2n=56$, геном – A^bA^bGG). Вид створений штучно. Високостійкий вид до всіх рас летючої сажки. Високий вміст білка і склоподібне зерно. Ламкість колоса, складний вимолот зерна, низька врожайність. Сприйнятлива до борошнистої роси і видів іржі. Слабка посухостійкість.

Triticum fungicidum – пшениця фунгіцидум. Штучний аллоплоїд ($2n=56$, геном – A^uA^uBG). Високо стійкий до летючої сажки, борошнистої роси, бурої і жовтої іржі. Зерно вимолочується складно. Колос ламкий. Врожайність зерна – низька [11].

Гексаплоїдні види пшениці мають доволі широке різноманіття форм. Також їм притаманні різноманітні текстури ендосперму, який може бути червоним, білим, коричневим, а також твердим або м'яким. Гексаплоїдна пшениця має озимі, напівозимі та ярі форми, що дозволяє вирощувати її у всіх кліматичних зонах. У зв'язку з тим, що лише гексаплоїдні сорти пшениці містять геном D, з наявністю, якого пов'язані унікальні борошномельні властивості зерна та хлібопекарські якості пшеничного борошна [13].

1.2. Сорт як фактор зростання врожайності і якості зерна пшениці

Продовольча проблема, що виникла в середині двадцятого століття в зв'язку зі зниженням врожайності пшениці, була критичною враховуючи інтенсивне збільшення темпів зростання населення. Одним із дієвих способів вирішення даної проблеми були селекційні програми створення нових високопродуктивних та стійких до хвороб сортів пшениці. Цей етап відомий в історії як “зелена революція”, основоположником, якої був Норман Борлоут, який отримав у 1970 р. Нобелівську премію миру. Ним було створено нові високопродуктивні сорти пшениці шляхом схрещування місцевих мексиканських сортів з карликовими японськими сортами. Отримані Борлоутом напівкарликові сорти формували велику надземну масу за рахунок високої кущистості, однак при цьому не вилягали та давали хороші врожаї.

Індекс врожайності у цих сортів складав близько 50 %. Також ці сорти забезпечували більш ефективне використання добрив. Культивування таких високопродуктивних сортів, сприяло повному забезпеченню країни зерном. Крім цього виведені сорти були не лише високопродуктивними, а й стійкими до багатьох хвороб, зокрема до стеблової іржі, летючої сажки та ін. [14, 15]. Нові сорти пшениці характеризувалися більш високим рівнем врожайності, підвищеною стійкістю до збудників хвороб та сприяли витісненню традиційних сортів пшениці майже по всьому світу.

Для досягнення успіху в селекції на продуктивність та підвищену якість зерна пшениці перш за все необхідно звертати увагу на створення таких сортів пшениці озимої, які б поєднували у своєму генотипі важливі ознаки: високий рівень продуктивності і якості зерна; комплексну стійкість до хвороб та шкідників. Результативність селекційних досліджень на якість пшениці головним чином залежить від наявності необхідного генетичного матеріалу, що сконцентрований у світових колекціях генофонду [16].

Розширення спадкової мінливості, поєднання мутаційної та комбінаційної мінливості, добір унікальних мутацій та рекомбінацій є основними методами збагачення генофонду пшениці. Дослідженнями виявлено, що за рахунок впливу мутагенних чинників, відбувається збільшення частоти кросинговеру, виникають рідкісні трансгресивні комбінації, проходить зміщення домінування ознак та зміна ефектів взаємодії генів. Це все сприяє більш повній реалізації потенційної спадкової мінливості пшениці [17].

За впливу на гексаплоїдну пшеницю електромагнітного випромінювання створено 19 % мутацій за фенотиповим проявом, а також виявлено генетичні мутації в алелях із заміною амінокислот [18]. Отримані результати вказують на велике фенотипове та генетичне варіювання, що може бути корисним для селекціонерів у створенні нових сортів.

Шляхом використання індукованих мутацій селекціонерами було створено колекції зразків пшениці ярої та озимої з підвищеним вмістом білка

та клейковини в зерні, з більшими ніж у вихідних форм, силою борошна та об'ємним виходом хліба. Також було виділено мутанти, які мали вищі показники суми незамінних амінокислот, каротину та характеризувалися іншими цінними ознаками [16].

Актуальними напрямками сучасної біотехнології є створення нових форм культурних рослин, що характеризуються підвищеним рівнем стійкості до стресів, що спричиняються водним дефіцитом, засоленням, впливом екстремальних температур, а також створення унікальних за біохімічним складом форм. Цього можна досягти шляхом використання генетичної трансформації.

Майже всі споріднені види пшениці (дикі та культурні), які можуть успішно схрещуватися з м'якою пшеницею, характеризуються відмінними технологічними та хлібопекарськими властивостями зерна, а саме: вміст та співвідношення білка; пентозанів; крохмалю; клейковини тощо [19].

З точки зору промисловості і в якості продукту для переробки пшениця м'яка озима є однією з найважливіших зернових культур нашої планети. Вона виступає в ролі основного джерела енергії, білків, мікроелементів та харчових волокон в раціоні людства [20]. У країнах Європи зернові культури, а головним чином пшениця, становлять майже 20–30 % загального щоденного споживання калорій, забезпечуючи 25 % добової норми білків, крім цього пшениця є цінним джерелом мікроелементів, що забезпечує приблизно 16 % споживання заліза і 12 % цинку.

Незамінність та широка функціональність пшеничного борошна головним чином зумовлюється особливістю структурного складу пшеничних білків та їх вмістом. Комплекс білків пшениці представлений гліадинами, глютенінами, альбумінами та глобулінами. Значну частину пшеничного зерна складають запасуючі білки гліадини та глютеніни, що займають 80–85 % загального вмісту білка в пшеничному зерні. Альбуміни та глобуліни є структурними та ферментними білками алейронного шару та зародку [21]. Щодо запасних білків, то вони відіграють основну функціональну роль, щодо

впливу їх на якість клейковини. Білки глютеніни здатні полімеризуватися за рахунок утворення інtermолекулярних дисульфідних зв'язків, що утворюють макромолекулярний каркас клейковини та впливають на пружність та еластичність тіста. Гліадини істотно впливають на такі фізичні показники тіста, як його в'язкість та розтяжність [22].

Важливою характеристикою оцінки якості зерна є масова частка білка, цей показник нормується згідно ДСТУ 3768:2010. Згідно державного стандарту пшениця першого класу має містити масову частку білка в зерні на рівні не менше 14 %, другого класу – не менше 12,5 %, третього – не менше 11 %. Останніми десятиріччями, одночасно зі зростанням врожайності, відбувається погіршення якості зерна, зокрема показника масової частки білка.

Перешкодою на шляху підвищення вмісту білка у зерні пшениці є зовнішній ефект метеорологічних умов та складний комплекс генетичних систем, які контролюють показники якості зерна [22]. Наявність мікроелементів в пшеничному зерні контролюється генетично та детермінується факторами навколишнього середовища. Однією з умов формування зерна досить високої якості є наявність оптимального вмісту в рослинах пшениці важливих макро- і мікроелементів. Незважаючи на низькі концентрації, мікроелементи беруть доволі активну участь у проходженні всіх життєво важливих біохімічних процесів [23]. Високий рівень біологічної активності мікроелементів значною мірою пов'язаний з ферментативним каталізом, який визначає їх участь у процесах дихання, фотосинтезу, азотного та фосфорного обмінів. Недостатня кількість мікроелементів у рослинах виключає нормальний перебіг фізіологічних та біохімічних процесів та унеможлиблює отримання високого рівня врожаю якісного зерна [24]. Достатньо низьким є рівень реутилізації мікроелементів до генеративних органів пшениці, тому перспективним напрямом є генетичне покращення культури. Одним із можливих напрямків генетичного поліпшення сортів в плані підвищення вмісту білка, макроелементів та мікроелементів є використання генів-донорів диких близьких родичів пшениці, таких як

спельта та інші [25–27]. Ці культури мають значно ширше генетичне різноманіття та вищі концентрації поживних речовин, аніж сучасні культурні сорти пшениці [28].

В умовах виходу нашої країни на міжнародні зернові ринки актуальне значення має проблема виробництва високоякісного зерна пшениці м'якої. Одним із способів покращення якості зерна є застосування виробництвом нових, високоефективних та конкурентоспроможних технологій вирощування даної культури. З результатів вітчизняних та закордонних досліджень видно, що отримати конкурентоспроможну продукцію рослинництва можливо лише шляхом науково-технічного прогресу, що впроваджується в системах землеробства за рахунок сучасних технологій вирощування основних сільськогосподарських культур [20]. У теперішніх економічних умовах можливість вирішення даної проблеми гальмується дефіцитом матеріальних і технічних ресурсів, неповноцінним використанням генетичного потенціалу нових сортів, не сповна відпрацьованими технологіями вирощування тощо [20, 29].

Науковими установами нашої держави розробляються рекомендації щодо зональних технологій вирощування високоякісного зерна пшениці м'якої озимої. Дані технології мають на основі використання сучасних сильних сортів пшениці, розміщення їх після кращих попередників, застосування оптимальних доз мінеральних та органічних добрив, проведення позакореневого підживлення посівів культури навесні, інтегрований захист від хвороб та шкідників та застосування інших заходів. Одним із головних факторів стабілізації виробництва зерна є використання сучасних вітчизняних сортів озимої пшениці. Важливим резервом покращення ефективності аграрного сектору є реалізація генетичного потенціалу продуктивності сортів [5, 30–32].

Процес оптимізації технологічних заходів культивування сортів пшениці м'якої озимої задля покращення продуктивності агроценозів, стабілізації рівня виробництва зерна і поліпшення його якості на сучасному

етапі є досить важливим питанням. Його вирішення дасть змогу покращити позиції нашої країни на світових ринках і забезпечить вирішення нагальних екологічних та економічних проблем [33].

Тому актуальним питанням на шляху подальшого підвищення рівня врожайності та поліпшення якості зерна стає підбір нових сортів пшениці м'якої, що мають генетично зумовлений адаптивний потенціал і максимально пристосовані до специфічних умов зони вирощування. Ці сорти мають можливість найбільш повно розкрити генетичний потенціал продуктивності культури за вирощування їх при різних за інтенсивністю технологіях [24].

Однією з головних умов, що детермінує величину врожайності та якість зерна в посушливих умовах, є вміст в ґрунті доступної для рослин пшениці вологи. Зональна система землеробства має бути головним чином направлена на накопичення вологи в ґрунті, її збереження і покращення ефективності використання вологи рослинами [34]. Істотний вплив на рівень вологозабезпеченості зернових і, головним чином, пшениці м'якої озимої має попередник, адже початковий етап розвитку культури, що включає появу сходів та подальші періоди, доволі часто відбувається в умовах дефіциту вологи.

Крім цього попередники істотно впливають на якість зерна пшениці. Пшеничне зерно кращої якості отримують при посіві озимини після пару. При сівбі після гороху на зерно отриманий врожай пшениці буває вище середнього рівня та достатньої якості. Дані багаторічних дослідів степового землеробства вказують на те, що найгострішою проблемою при виробництві зерна є правильне розташування пшениці в сівозміні. Раціональне вирішення проблеми попередників забезпечує стабільність врожаю та високу якість зерна. Сталість сівозмін в часі, вчасне виконання агротехнічних заходів та зростання ефективності системи вирощування культур в сівозміні є одним з основних резервів підвищення рівня продуктивності зерновиробництва [35].

За сучасних глобальних кліматичних змін важливого значення набуває створення сортів пшениці м'якої озимої, які поєднують високу врожайність і

якість зерна з адаптивністю до стресових абіотичних і біотичних факторів зовнішнього середовища [36].

Реалізація сучасних селекційних програм, кінцевою метою яких є вирішення продовольчих, економічних, екологічних і соціальних проблем, пов'язаний з наявністю достатньої кількості генетично різноманітного вихідного матеріалу [37–39].

1.3. Якість зерна пшениці і шляхи її покращення

З давніх часів відомо, що пшениця м'яка озима є однією з основних культур серед зернових колосових, що придатні для використання в хлібопекарській промисловості [40]. Поміж основних завдань вітчизняного сільськогосподарського виробництва особливо гостро стоїть питання щодо вирішення такої важливої проблеми, як підвищення врожайності та покращення якості зерна пшениці.

Василь Миколайович Ремесло стверджував, що головними методами вирішення завдання щодо покращення якості зерна в комплексному підході є: розробка методів сортової агротехніки, пошук форм з високими показниками якості зерна в результаті вивчення вихідного матеріалу та створення нових високобілкових сортів, вивчення процесу успадкування окремих форм білка та розробка методики отримання сортів з необхідним амінокислотним складом зерна [41].

Існує два шляхи вирішення даного питання: агротехнічний та селекційний. Безперечно надійним та одночасно екологічно ощадним методом стабільного зростання врожайності та покращення якості зерна є створення нових сортів з високою адаптивністю до несприятливих чинників навколишнього довкілля та високою якістю зерна [38, 41].

На даному етапі селекція пшениці озимої направлена перш за все на покращення якості зерна за широким спектром технологічного використання при урахуванні якості кінцевого продукту. Сучасне значення якості зерна

об'єднує в собі комплекс фізичних, хімічних, технічних, технологічних, харчових та кормових показників пшеничного зерна, у процесі визначенні яких використовуються численні складові [26, 27, 42].

Сучасна селекція нових сортів пшениці направлена на поліпшення якості зерна, є складним високотехнологічним процесом, що базується перш за все на використанні досягнень генно-інженерної, лабораторно-аналітичної та технологічної бази, як для створення нового генетичного розмаїття за показниками якості зерна, так і для об'єктивної оцінки і добору необхідного рослинного матеріалу в селекційному процесі [43].

Якість врожаю сільськогосподарських культур є доволі широким поняттям та визначається перш за все напрямом використання продукції. Для зерна, що використовується в продовольстві, важливим показником є його хлібопекарські властивості. У пшениці озимої дані властивості характеризуються багатьма показниками – вміст білка, сила борошна, об'ємний вихід хліба та інші. Доведено, що технологічна цінність пшеничного зерна головним чином зумовлюється спадковими особливостями сорту, агротехнічними заходами, а також ґрунтово кліматичними та метеорологічними умовами зони та року вирощування. [44].

Григорій Пимонович Жемела [43] схилився до думки, що селекціонер, працюючий з пшеницею, перш за все зобов'язаний правильно вирішувати такі завдання, як створення гібридних рослин з бажаними технологічними якостями, щодо накопичення білка та клейковини зерні; поліпшити якості зерна та спадкове закріплення її в сортах; використання доволі великої відмінності в пластичності при мінливості окремих біологічних процесів.

Наразі селекція пшениці знаходиться на порозі нового етапу, який характеризується зміною фізико-хімічних властивостей пшеничного зерна. Це відкриває доволі широкі перспективи перед селекцією на покращення якості зерна. Відомо, що селекційну програму неможливо розпочати до з'ясування основних вимог виробників до якості зерна пшениці. В процесі вивчення природи успадкування та умов довкілля розробляються досконалі методи

вивчення показників якості зерна. Успіх селекції на якість на цьому етапі досягається перш за все методом аналізу ознак якості зі сторони внутрішнього застосування або експорту, а при можливості поділу на різні складові та встановлення контрольного стандарту. Також до методів селекції на якість належать: дослідження пристосованості сортів до окремих умов вирощування та класифікація їх відповідно до міжнародних стандартів; розробка точних методів прогнозування якості, які можна використати на мінімальних зразках зерна при вивченні якості гібридів і нащадків у ранніх поколіннях; отримання якомога більшої кількості інформації про характер успадкування показників якості; застосування в селекції на якість методів, що використовуються у селекції на інші ознаки.

Значною мірою успіх селекції на якість модифікується ступенем вивчення генетики однієї чи іншої ознаки, знання селекціонером базових принципів добору батьківських форм, характеру успадкування ознак якості зерна пшениці, величини їх спадковості, можливості та способів трансгенної селекції [43].

Останнім часом спостерігається істотне погіршення якості зерна пшениці. Все частіше зустрічаються випадки, коли при досягненні сортом врожайності 5,0–6,0 т/га, кількість сирої клейковини знаходиться на рівні лише 20 %, а вміст сирого білка становить 10,8–12,2 % [45].

Основною запорукою створення нових генотипів пшениці, що характеризувалися б високою якістю врожаю, є наявність глибоких знань про спадкову базу формування якісних показників зерна, до яких відноситься і вміст білка. За результатами досліджень, в яких проходило вивчення колекції зразків пшениці озимої різного екологічного походження, виявлено значне варіювання рівня білка. Разом з тим у культурних видів пшениці середній вміст білка в зерні становить приблизно 12–15 % [46].

Таке лімітування мінливості викликане тривалою селекцією генетичної плазми за напрямком врожайності, що завдяки опосередкованим зв'язкам,

спричинило втрату генів-детермінантів показників якості, зокрема вмісту білка у зерні пшениці [47–49].

Перша та найбільш проста класифікація білків пшеничного зерна була запропонована біохіміком з США Т. Osborne у 1907 році. Вона базується на можливості різних білків розчинятися у певних розчинах: альбуміни розчиняються у воді, глобуліни – сольових розчинах; гліадини – в 70–90 % етанолі; глютеніни – не розчиняються в нейтральному водному чи сольовому розчинах та етанолі. Дана класифікація є доволі умовною, адже розчинність білків не є чіткою ознакою для поділу їх на класи. Наприклад, водно-сольова фракція білків альбумінів та глобулінів представлена надзвичайно широкою гамою структурних білків та білків, що несуть важливе функціональне навантаження [22]. Інші дві фракції – глютеніни та гліадини належать до класу запасних, чи білків клейковини. Відсоткове співвідношення альбумінів та глобулінів складає майже 15–20 % від загальної кількості білка, гліадинів – 40–50 %, глютенінів – приблизно 35–40 % [50].

Велику роль у формуванні показників якості зерна сорту, а саме при визначенні товарної оцінки, становлять компоненти білково-клейковинного комплексу, адже саме за цими показниками відбувається оцінка партії товарного зерна пшениці. Запасні, або як ще їх називають клейковинні білки формують надзвичайно важливу для якості хліба білкову субстанцію, що зветься клейковиною. Вперше її виділив з борошна пшениці італійський біохімік J. Вессарі у 1745 р. встановивши, що клейковина складається майже на 60–65 % з води та на 32–40 % з білка.

За даними Ф. А. Поперелі (1989), технологічно-біохімічні показники якості зерна пшениці озимої надійно промарковані складом субодиниць високомолекулярного глютеніну. Це сприяє подальшій селекції на підвищення показників якості зерна [51].

Спираючись на дані виробництва та результати отриманих досліджень, Олексій Олексійович Созінов (1978) вказував на необхідність терміново

переглянути поняття про методи створення високопродуктивних сортів пшениці озимої з підвищеним вмістом білка в зерні.

Без суттєвої зміни біології культури неможливо забезпечити підвищення рівня білка при врожайності 5,0–8,0 т/га. При цьому робота селекціонерів має бути спрямована на створення нових генотипів, які за врожайності на рівні кращих районованих сортів, накопичували б у своєму зерні на 1–2 % більше білка [51]. У Миронівському інституті пшениці імені В. М. Ремесла при селекції нових сортів пшениці м'якої озимої досить широко використовуються сорти, що характеризуються високим генетичним потенціалом за комплексом необхідних ознак [52].

Велике значення приділяється проблемі покращення якості зерна селекційними методами. Особливу роль в даному процесі відіграє вихідний матеріал [53, 54].

Багаторічними дослідженнями виявлено, що формування показників якості зерна є наслідком взаємодії багатьох морфологічних, біохімічних, технологічних та інших ознак [55].

Широкого розповсюдження в селекції на якість зерна набув метод гібридизації з подальшим багаторазовим індивідуальним добором. Цей метод до теперішнього часу залишається базовим у селекції на якість, а рекомбінація генотипів шляхом гібридизації є одним із шляхів підвищення різноманітності генофонду. Необхідно враховувати, що отримати найбільш повну інформацію про комбінаційну мінливість можна за рахунок використання діалельних схрещувань [6, 9].

У наукових джерелах зустрічається чимало робіт в тому числі М.І. Вавилова [56] з питання вивчення генетики основних ознак якості зерна. Одним з перших дослідників, хто звернув увагу на розщеплення у гібридних популяціях за показниками якості зерна був R. H. Biffen, який не лише виявив, що розщеплення проходить за законами Менделя, але й показав, що можна одночасно поєднувати в сорті дві необхідні господарсько цінні ознаки пшениці, такі як якість зерна та висока продуктивність [57].

В процесі створення сортів усі ознаки за якими відбувається селекція мають істотне значення, однак ті, що характеризують якість зерна мають особливу роль. На думку багатьох вчених, сорт не має права на своє існування, якщо він не наділений здатністю формувати зерно високої якості.

Сорт має першочергову роль у підвищенні врожайності та поліпшенні якості зерна, як в пшениці, так і у всіх інших культур. Через це Г. П. Жемела [43] стверджував, що створення нових сортів пшениці озимої стає більш вагомим фактором у підвищенні врожайності і формуванні показників якості зерна. На даний час селекціонерам необхідно розв'язати складну задачу: створити нові сорти, які б характеризувалися всіма корисними біологічними та господарськими ознаками.

Якість пшеничного зерна є однією з найбільш складних селекційних ознак, що обумовлюється генетично, та яку досліджують науковці багатьох країн світу. В нашій країні науково-дослідні роботи в напрямку генетичного покращення якості зерна зернових культур широко проводяться у Селекційно-генетичному інституті–Національному центрі сортознавства і сортовивчення НААН України [58, 59] та інших наукових установах. Основним показником якості зерна пшениці є хлібопекарські властивості борошна.

Надзвичайно проблематично досягти поєднання в одному сорті пшениці стабільно високої врожайності, пластичності культури, стійкості до несприятливих факторів довкілля разом з високою якістю зерна, особливо враховуючи наслідки глобальних змін клімату, які мають негативний вплив на кількість та якість отриманої продукції [5, 60].

Сорт набуває досить важливого значення в сучасних умовах, як один з найбільш надійний та економічно вигідний спосіб швидкого підвищення врожайності та покращення якості зерна [61].

Отримання зерна високої якості значною мірою модифікується сортовими особливостями, родючістю ґрунту та метеорологічними умовами. Одночасно з цим, особливості сорту є вирішальними у процесі накопиченні білка, хоча екологічні і агротехнічні чинники певною мірою посилюють чи

ослаблюють дану ознаку. На даний час сільськогосподарське виробництво сповна забезпечене хорошими сортами пшениці з високим рівнем врожайності та здатністю давати високоякісне зерно за оптимальних умов вирощування. Однак, за свідченням багатьох дослідників, якість товарного зерна, що надходить на підприємство з полів, залишається низькою та продовжує погіршуватись з року в рік [52].

Проблема поліпшення якості зерна доволі актуальна та залишається питанням державного рівня, адже приблизно половина валового збору зерна пшениці в нашій країні низької якості [62].

Сучасні сорти пшениці м'якої озимої повинні бути наділені складним комплексом необхідних господарсько цінних ознак та властивостей, основним з яких є високий рівень потенційної врожайності. Окрім цього, сорти мають відповідати вимогам щодо показників якості зерна, так як у більшості селекція була спрямована на зростання потенціалу врожайності і не завжди супроводжувалося поліпшенням якості зерна пшениці.

Низька результативність селекції на якість зерна спричинена тим, що створення нових сортів пшениці м'якої озимої обумовлена тим, що одночасний добір на продуктивність і стійкість до біотичних та абіотичних факторів пов'язаний існуючими між даними ознаками зворотними кореляційними зв'язками.

РОЗДІЛ 2

УМОВИ, МАТЕРІАЛ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Ґрунтово-кліматичні умови зони досліджень

Експериментальна частина досліджень виконувалась впродовж 2022–2025 рр. в умовах дослідного поля НВЦ Білоцерківського НАУ, яке знаходиться у центрі північної частини правобережного Лісостепу України.

Рельєф зони рівнинний, іноді слабо хвилястий, має окремі підвищення до 100-300 м над рівнем моря. Мікрорельєф рівнини характеризується поглибленнями (так званими блюдцями) різної величини та форми.

Рівнинний покрив представлений лісовою та лісостеповою рослинністю. Через високий ступінь освоєння земельної території під рілля, природна рослинність збереглася лише на окремих територіях.

Основними материнськими породами, на яких сформувались ґрунти зони, є лес і лесовидні суглинки. У зв'язку з тим, що у минулому у цій частині Лісостепу було багато лісів, ґрунтовий покрив досить різноманітний, але великі масиви займають глибокі малогумусні чорноземи. Ґрунти чорноземного типу у Білоцерківському районі є переважаючими. Вони становлять 93,1 % основного земельного фонду сільськогосподарського виробництва.

Ґрунтові води знаходяться відносно неглибоко від поверхні і містять значну кількість карбонатів кальцію.

За даними крупномасштабного обстеження ґрунтового покриву, ґрунт дослідної ділянки – чорнозем типовий мало гумусний крупнопилувато-середньосуглинкового гранулометричного складу.

Результати оцінки якості орного шару ґрунту за допомогою класифікаційних шкал свідчать, що він має нейтральну реакцію ґрунтового розчину (pH_{сол.} 6.0) і характеризується низьким вмістом гумусу (3,21 %),

середнім рівнем забезпеченості рослин доступним азотом (154 мг/кг), рухомим фосфором (67 мг/кг) і обмінним калієм (68 мг/кг).

Клімат області – помірно континентальний з нестійким зволоженням. Значну роль у його формуванні відіграють такі фактори як надходження сонячної радіації, переважання континентального повітря помірних широт, вторгнення холодного арктичного та теплого і вологого морського повітря.

Максимум прямої сонячної радіації припадає на липень, мінімум на грудень. Річні коливання співпадають з коливаннями хмарності. Середньорічна температура повітря складає +7,5 °С із значним коливанням по місяцях. Найхолоднішим місяцем є січень (-5,9 °С). Найвища позитивна середньомісячна температура спостерігається у липні (19,0 °С). Стійкий перехід середньодобових температур повітря через +5 °С спостерігається в більшості років у другій половині квітня та другій половині жовтня. Тривалість теплого періоду становить 237–255 днів.

Сума активних температур (вище 10 °С) коливається від 2616 до 2645 °С, тривалість цього періоду становить – 160–165 днів, а з температурою вище 15 °С – 115 днів. Безморозний період триває 165 днів у повітрі і 156 дні на поверхні ґрунту.

Максимальна глибина промерзання ґрунту 150 см, середня – 75 і найменша – 35 см. Мінімальна температура взимку становить -40 °С, максимальна влітку +40 °С.

Вологозабезпеченість є одним із важливих кліматичних факторів. Річна кількість опадів, за багаторічними даними в середньому складає 562 мм. в різні пори року опади розподіляються нерівномірно: зима 112 мм, весна 123 мм, літо 218 мм, осінь 109 мм.

Найбільша кількість опадів (85 мм) припадає на липень. Сніговий покрив в зимовий період – нестійкий.

Загалом кліматичні умови сприятливі для вирощування озимої пшениці, але в окремі роки трапляються відхилення від середньо-багаторічних показників. До несприятливих умов, що мають місце на території області, слід

віднести нестійкий сніговий покрив, внаслідок чого рослини пошкоджуються і гинуть від дії низьких температур. Малосніжні зими з відлигами і наступним утворенням льодової кірки, випирання, випрівання, видування, нерівномірний розподіл опадів протягом весняно-літнього періоду, часті зливи в період збирання врожаю, дія ґрунтової та повітряної посухи в період наливу і дозрівання зерна.

2.2. Метеорологічні умови в роки проведення досліджень

Впродовж 2022–2025 років метеорологічні умови по різному впливали на ріст і розвиток рослин пшениці та формування досліджуваних показників якості зерна пшениці м'якої озимої.

Сівбу пшениці м'якої озимої проводили в кінці третьої декади вересня. За зупинки осінньої вегетації (18.11 – 2023 р., 17.11 – 2024 р.) тривалість вегетації в осінній період склала 43 і 42 доби відповідно. Фактична кількість опадів за осінню вегетацію у 2023 р. – 50,2 мм і 2024 р. – 56 мм була меншою за багаторічні показники (53 мм) на 10,8 мм – 2023 р. і перевищувала їх на 3 мм у 2024 р. (табл. 1).

Температурний режим, що склався у жовтні перевищував середні багаторічні показники (7,9 °C) на 3,5 °C – 2023 р., і 2,8 °C у 2024 р.

У перших двох декадах листопада фактична температура повітря також була вищою за середні багаторічні показники. Особливо виділилась перша декада, коли за багаторічного показника (3,4 °C) фактичні середні температури повітря склали 2023 р. – 9,8 °C; 2024 р. – 5,1 °C (додаток А1).

Середній температурний режим грудня у досліджувані роки був близький до багаторічних показників. При цьому середні показники температури повітря у січні перевищили середньобагаторічні на 3,7 °C – 2024 р і 7,9 °C – 2025 р.

Температурний режим лютого також був теплішим за середні багаторічні показники (-4,4 °C). Так, середня за місяць температура повітря склала 2024 р. – 3,3 °C, 2025 р. – -3,8 °C.

Таблиця 1. Метеорологічні умови у 2023–2025 рр. (за даними Білоцерківської метеостанції)

Місяць Показник	січень	лютий	березень	квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень	жовтень	листопад	грудень
2023 р.												
Опади, мм **								22	23	52	67	46
Середня $t, ^\circ\text{C}$ *								22,6	18,0	11,4	4,1	0,5
2024 р.												
Опади, мм **	40	39	50	78	13	81	42	10	13	56	50	55
Середня $t, ^\circ\text{C}$ *	-2,2	3,3	4,4	12,4	15,8	20,8	23,4	21,8	19,5	10,7	2,4	0,0
2025 р.												
Опади, мм **	15	3	25	28	84	35	128					
Середня $t, ^\circ\text{C}$ *	2,0	-3,8	6,8	10,2	13,1	18,8	21,7					
Середні-багаторічні показники												
Опади, мм **	35	33	30	47	46	73	85	60	35	33	41	44
Середня $t, ^\circ\text{C}$ *	-5,9	-4,4	0,3	8,4	14,9	17,8	19,0	18,4	13,8	7,9	2,0	0,4

Таким чином температурний режим, що склався у календарні зимові місяці, був сприятливим для перезимівлі рослин пшениці м'якої озимої досліджуваних сортів.

За зимові місяці фактична кількість опадів була меншою за середню багаторічну (112 мм) у 2024/2025 – 18 мм вегетаційному році та перевищила їх у 2023/2024 вегетаційному році – 134 мм. Перевищення середньобагаторічної кількості опадів у календарний зимовий період 2023/2024 вегетаційного року на 22 мм дещо покрито недостатню кількість опадів у березні (25 мм) і квітні (28 мм) 2025 р.

У березні 2024 р. кількість опадів становила 50 мм. За квітень 2024 р (78 мм) фактична кількість опадів перевищила багаторічний показник (47 мм) на 31 мм відповідно, що сприяло накопиченню достатньої кількості вологи у ґрунті.

У травні 2024 р. (13 мм) фактичні опади були меншими за багаторічні (46 мм) 33 мм. При цьому кількість опадів за травень 2025 р (84 мм) була більшою за середній багаторічний показник на 37 мм, що дещо покращило вологозабезпеченість рослин пшениці відносно попередніх місяців.

За температурним режимом березень досліджуваних років значно відрізнявся від середньобагаторічної температури повітря – 0,3 °С. Так, середня фактична температура повітря за березень склала: 2024 р. – 4,4 °С; 2025 р. – 6,8 °С .

За таких умов відновлення весняної вегетації відмітили у 2 2024 р. – 22 лютого, 2025 р. – 2 березня. Ріст і розвиток рослин пшениці м'якої озимої в перший місяць 2025 р. характеризувався поступовим наростанням температурного режиму. При цьому у першій (2,4 °С) і другій (2,2 °С) декадах березня 2024 р. відбулось призупинення вегетації.

Температурний режим квітня 2024 р. (12,4 °С) і 2025 р. (10,2 °С) значно перевищував середній багаторічний показник – 8,4 °С, Середня температура травня 2024 р. була більшою за середню багаторічну на 0,9 °С, а 2025 р. – меншою і склала 13,1 °С. Найбільш спекотною виявилась третя декада травня (21,1 °С) 2024 р., за середнього багаторічного показника 15,8 °С.

У травні 2024 р. (ГТК = 0,3) ріст і розвиток рослин пшениці відбувався за дуже сильної посухи. У травні 2025 р відмітили надмірну вологість – ГТК = 2,1.

Характеризуючи метеорологічні умови літнього періоду, слід відмітити, що червень за температурним режимом значно перевищував середній багаторічний показник – 17,8 °С, за фактичних даних 20,8 °С – 2024 р., 18,8 °С – 2025 р. Найбільш спекотною виявилась перша декада червня 2025 р. (21,3 °С) за середнього багаторічного показника 17,3 °С і третя декада 2025 р – 21,2 °С (додаток А2).

Фактична кількість опадів за червень 2025 р. (35 мм) була меншою за багаторічні дані (73 мм) на 38 мм, а у 2024 р. (81 мм) перевищила їх на 8 мм.

Формування зерна пшениці м'якої озимої від запліднення до молочної стиглості 2024 р. (ГТК = 1,3) відбувалось за достатнього забезпечення вологою, а у 2025 р. за середньої посухи – ГТК = 0,6.

Середня температура повітря за першу і другу декади липня у 2025 р. – 21,7 °С і особливо 24,5 °С у 2024 р. перевищувала середньо багаторічний показник (19,0 °С). Гідротермічний коефіцієнт за перші дві декади липня досліджуваних років 2024 р. (ГТК = 0,8), 2025 р. (ГТК = 0,3) вказує на достатню забезпеченість вологою у 2023 р., середню посуху – 2024 р. і дуже сильну посуху у 2025 р. в період воскова-повна стиглість зерна пшениці. Таким чином умови, що склалися значно вплинула на формування маси зерна колоса, рослини, маси 1000 зерен і врожайності зерна в цілому.

Узагальнюючи дані аналізу показників температурного режиму і кількості опадів та їх розподілу, можна сказати, що метеорологічні умови нашої зони є значно мінливими. Водночас розподіл опадів і температурний режим сприяли нам всесторонньо оцінити досліджуваних ліній пшениці м'якої озимої за показниками якості зерна.

2.3. Матеріал, мета та методика проведення досліджень

Батьківськими формами, що залучалися до гібридизації були Мутант 42, Мутант 260 і Мутант 236, що були отримані методом хімічного мутагенезу на кафедрі генетики селекції і насінництва сільськогосподарських культур Білоцерківського НАУ професором Васильківським С. П. Матеріалом для досліджень були три міжмутантні лінії, відібрані з популяцій пізніх поколінь міжмутантних гібридів пшениці м'якої озимої, а саме 594 *erythrospermum* віділена з популяції Мутант 42 / Мутант 260; 572 *erythrospermum* і 574 *lutescens* – відібрані з популяції Мутант 42 / Мутант 236. Стандартом був сорт Лісова пісня – оригінатор Білоцерківська ДСС Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України

Метою нашої роботи було встановлення формування і успадкування показників якості зерна у ліній пшениці м'якої озимої відібраних з популяцій за міжмутантної гібридизації.

Для вирішення поставленої мета перед нами ставилися наступні завдання:

- провести оцінку ліній пшениці м'якої озимої за показниками якості зерна, а саме загальною і повною скловидністю, вмістом і якістю клейковини, показником седиментації і вмістом білка;
- виділити форми з високими показниками якості зерна для використання їх у подальшій селекційній роботі;
- провести статистичний обробіток вихідних даних і сформулювати висновки.

Полеві досліді проводили у польовій дослідній сівозміні кафедри генетики, селекції і насінництва сільськогосподарських культур Білоцерківського НАУ згідно Методики проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні [63]. Попередник – гірчиця на зерно. Агротехніка у дослідях була загальноприйнятою для вирощування озимої пшениці в зоні досліджень.

Облікова площа дослідної ділянки одного зразка – 10 м², повторність – трикратна. Попередник – гірчиця на зерно. Сівбу проводили в оптимальні строки сівалкою «Клен» –1,5». Для порівняння використовували сорт-стандарт у зоні Лісостепу України – Лісова пісня.

Склоподібність визначали за стандартною методикою по ДСТУ 3768-2019 за допомогою діафаноскопа ДСЗ-2. Загальну скловидність вираховували за формулою $ЗС = ПС + (ЧС : 2)$, де ПС – кількість повністю скловидних зерен, ЧС – частково скловидні зерна. Загальну скловидність визначали до десятої долі процента, в обчисленні користувалися цілими одиницями.

Показник седиментації визначали мікрометодом за методикою, описаною І. І. Василенком та В. І. Комаровим. Вміст клейковини і білку визначали методом інфрачервоної спектроскопії, прилад FOOS Infratec 1241

Grain Analyzer, а її якість за показниками приладу «ВДК-1» згідно: «Методики проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні Методи визначення показників якості продукції рослинництва» [64].

Ступінь фенотипового домінування (h_p) господарсько цінних ознак у визначали за методикою Г. М. Бейла та Р. І. Аткинса [65]. Коефіцієнт успадковуваності (h^2) у вузькому розумінні, який свідчить про ступінь генетичного контролю ознак, визначали за методикою П. П. Літуна (1969). Результати експериментальних даних обробляли статистичним методом за програмою “Statistica”, версія 12.0.

РОЗДІЛ 3

ПОРІВНЯННЯ ЛІНІЙ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ МІЖМУТАНТНОГО ПОХОДЖЕННЯ ЗА ЯКІСТЮ ЗЕРНА

Якість зерна пшениці озимої є досить складною властивістю та визначається цілим комплексом показників, а саме: фізичних (маса 1000 зерен, натура зерна, скловидність зерна та ін.), біохімічних (вміст у зерні білка, крохмалю, розчинних вуглеводів, клейковини, жиру, золи та ін.), хлібопекарських, що характеризуються кількістю та якістю білкових речовин. В загальному поєднанні вони характеризують зернові технологічні властивості, дослідження яких пов'язане з потребою визначення великої кількості показників. Це пов'язане з тим, що окремо кожен з них не розкриває якості зерна пшениці озимої в цілому [66].

3.1. Аналіз міжмутантних ліній за загальною та повною склоподібністю зерна

Наукова література містить досить суперечливі погляди щодо важливості показника склоподібності, із яким дослідники пов'язують хімічний склад та фізико-хімічні характеристики зерна. Зерно пшениці, що містить склоподібний ендосперм, забезпечує при розмелі більший вихід крупок, а отже, й значно вищий вихід борошна в порівнянні із зерном борошнистої консистенції.

На думку М.Т. Павлюка (1988), показник склоподібності залежить від характеру та міцності зв'язку між білковими речовинами і крохмалем та розподілу і властивостей білкових речовин, а також від кількості, складу, розмірів, форми та розміщення зерен крохмалю.

На склоподібність зерна впливають генетичні, екологічні та технологічні фактори. До основних факторів, які обумовлюють склоподібність, відносять метеорологічні умови та сортові особливості. Високі температури, нестача

вологи, короткий період наливу і дозрівання зерна підвищують склоподібність, а опади у період молочно-воскова – повна стиглість, навпаки, знижують [44, 67].

Скловидні зерна, як правило, мають більший вміст білка і твердішу консистенцію порівняно з борошністими зернами. Твердість зерна пов'язана з сильно ущільненою структурою ендосперму, яка є менш пористою, ніж у борошністих зерен. Зерно, яке має склоподібний ендосперм, має більшу механічну міцність, покращуючи технологічні процеси його переробки [68].

Нами встановлено, що в середньому за три роки за показником загальної склоподібності зерна, досліджувані лінії не перевищили показник батьківських форм (табл. 2).

Таблиця 2. - Загальна склоподібність зерна, %

Вихідні форми і лінія	Склоподібність, %			$\bar{x}$ за три роки	$\pm$ до стандарту, %
	2023 р.	2024 р.	2025 р.		
Мутант 42	60	98	99	86	+1
594 <i>erythrosperrum</i>	62	91	95	83	-2
Мутант 260	68	90	92	83	-2
Мутант 236	63	74	79	72	-13
572 <i>erythrosperrum</i>	63	78	82	74	-11
574 <i>lutescens</i>	60	75	77	71	-14
Лісова пісня (st)	72	92	91	85	
НІР ₀₅	2,34	0,98	0,76	-	

Лінія 594 *erythrosperrum* отримана з популяції Мутант 42 / Мутант 260, в середньому за 2023–2025 рр., за загальної склоподібності зерна (83 %), поступалася материнському компоненту схрещування Мутанту 42 (86 %) і мала показник на рівні чоловічої форми Мутанта 260.

В середньому три за роки проведення досліджень, більшим за чоловічу форму показником загальної склоподібності зерна характеризувалася лінія 572 *erythrosperrum*, що мала показник загальної

склоподібності зерна 74 %, однак вона на 9 % поступалася показнику Мутанта 42 (материнська форма). Виділена з популяції Мутант 42 / Мутант 236, лінія 574 *lutescens* мала дещо меншу загальну склоподібність зерна (71 %) і тому поступалася за ознакою обом вихідним батьківським формам.

За порівняння міжмутантних ліній та їх батьківських форм за показником склоподібності зерна з стандартом Лісова пісня виявлено, що перевищення над стандартом, в якого дана ознака знаходилася на рівні 85 %, мав лише Мутант 42 (86 %), що мав загальну склоподібність зерна на 1 % більшу.

Результати проведених досліджень свідчать, що найбільш сприятливі умови для формування загальної склоподібності зерна склалися в 2025 р., коли показники ознаки досліджуваних форм знаходилися на рівні 77–99 %, за середнього по досліді показника – 87,3 %.

В умовах 2024 року склоподібність зерна була істотно меншою ніж в 2025 році, та мала середнє значення по генотипах на рівні 85,4 %, за найменшого та найбільшого показника 74 % та 98 % відповідно. Найменшими показниками загальної склоподібності зерна характеризувався 2023 рік, за середнього значення по досліді 64,0 % і варіюванням по генотипах 60–72 %.

Проведений аналіз розмаху мінливості показника загальної склоподібності у міжмутантних ліній та їх батьківських форм, за період проведення досліджень, показав що найбільшою мінливістю ознаки характеризувалися Мутант 42 (59–99 %) і лінія 594 *erythrospermum* (62–95 %) з показником 40 % та 33 % відповідно. Мутант 260, що використовувався як чоловіча форма, виявляв незначну (24 %) мінливість загальної склоподібності. При цьому мінімальне та максимальне значення прояву знаходилися на рівні 68 % і 92 % відповідно (табл. 3).

У ліній, що були виділені з популяції Мутант 42 / Мутант 236 варіювання загальної склоподібності, в середньому за три роки досліджень, становило 19 % – 572 *erythrospermum* і 21 % – 574 *lutescens*, що вказує на більш

стабільний прояв ознаки в порівнянні з батьківськими компонентами гібридизації.

Таблиця 3. – Варіювання загальної склоподібності у ліній виділених з міжмутантних популяцій (середнє за 2023–2025 рр.)

Батьківські форми і лінія	Загальна склоподібність ($\bar{x} \pm S\bar{x}$), %	Lim, %		R, %	S ²	V, %
		min	max			
Мутант 42	86±6,7	59	99	40	96,4	11,4
594 <i>erythrospermum</i>	83±6,3	62	95	33	85,3	11,1
Мутант 260	83±5,8	68	92	24	73,8	10,4
Мутант 236	72±5,1	63	80	17	56,4	10,4
572 <i>erythrospermum</i>	74±5,5	62	83	21	68,5	11,2
574 <i>lutescens</i>	71±5,3	59	78	19	62,7	11,2
Лісова пісня (st)	85±5,6	71	93	22	71,5	10,0

В середньому за роки проведення експерименту, стандарт Лісова пісня, мав розмах мінливості загальної склоподібності зерна в межах 22 %, за мінімального та максимального значення 71 % та 93 % відповідно.

Визначені коефіцієнти варіації загальної склоподібності зерна у досліджуваних генотипів (V=10,011,4 %) вказують на середнє варіювання показника.

Найменші значення коефіцієнта варіації загальної склоподібності 10,0 % і 10,4 % спостерігали у стандарту Лісова пісня та Мутанта 260 і Мутанта 236, що є свідченням більш стабільного прояву ознаки порівняно з іншими досліджуваними формами.

Як свідчать результати наших досліджень, успадкування загальної склоподібності зерна лініями міжмутантного походження відбувалось за різними типами. Так, лінія 574 *lutescens* успадкувала загальну склоподібність зерна за від'ємним наддомінування за показника ступеня фенотипового домінування – $h_p = -1,3$. Успадкування ознаки у лінії 572 *erythrospermum*

проходило за типом позитивного домінування ($h_p = 0,7$), а 594 *erythrospermum* – проміжним типом ($h_p = 0,3$) (табл. 4).

Таблиця 4. – Успадкування і ступінь трансгресії загальної склоподібності у ліній міжмутантного походження (середнє за 2023–2025 рр.)

Батьківські форми і лінія	Загальна склоподібність ($\bar{x} \pm S\bar{x}$), %	h_p	h^2	Ступінь трансгресії	Лінія у % до	
					♀	♂
Мутант 42	$86 \pm 6,7$	-	-	-	-	-
594 <i>erythrospermum</i>	$83 \pm 6,3$	0,3	0,17	-8,9	96,5	100,0
Мутант 260	$83 \pm 5,8$	-	-	-	-	-
Мутант 236	$72 \pm 5,1$	-	-	-	-	-
572 <i>erythrospermum</i>	$74 \pm 5,5$	0,7	0,18	-4,3	102,8	89,2
574 <i>lutescens</i>	$71 \pm 5,3$	-1,3	0,19	-11,7	98,6	85,5

Коефіцієнт успадкованості загальної склоподібності становив 0,17–0,19, що вказує на значну модифікацію даної ознаки умовами навколишнього довкілля.

У доборів з міжмутантних популяцій ступінь трансгресії за загальною скловидністю був від’ємним і становив від мінус 4,3 % до мінус 11,7 %.

Дослідженнями виявлено, що в середньому за 2023–2025 рр., за показником повна склоподібності зерна міжмутантні лінії поступалися, або знаходилися на рівні вихідних батьківських форм (табл. 5).

Серед досліджуваних ліній більшим показником повної склоподібності зерна (69 %), в середньому за роки експерименту, характеризувалася лінія 572 *erythrospermum*. У батьківських форм даний показник знаходився на рівні 65 % у Мутанта 42 (материнський компонент) та 76 % у Мутанта 260 – чоловіча форма.

Таблиця 5. – Повна склоподібність зерна, %

Батьківські форми і лінія	Склоподібність, %			$\bar{x}$ за три роки	$\pm$ до стандарту, %
	2023 р.	2024 р.	2025 р.		
Мутант 42	50	68	76	65	-6
594 <i>erythrosperrum</i>	51	68	75	65	-6
Мутант 260	70	78	81	76	+5
Мутант 236	54	60	65	60	-11
572 <i>erythrosperrum</i>	65	70	73	69	-2
574 <i>lutescens</i>	44	64	70	59	-12
Лісова пісня (st)	60	78	74	71	-
НІР ₀₅	1,40	1,24	1,15	-	

Лінії 594 *erythrosperrum* і 574 *lutescens* мали середній за три роки показник повної скловидності зерна на рівні 65 % та 59 % відповідно.

При порівнянні досліджуваних селекційних форм з стандартом Лісова пісня виявлено, що перевищення над ним за повною склоподібністю зерна мав лише Мутант 260, що використовувався в якості чоловічого компоненту схрещування. Всі інші досліджувані генотипи поступалися стандарту від 2 % до 12 %, за показником повної склоподібності зерна. У сорту Лісова пісня повна склоподібність зерна визначена на рівні 71 %.

Найбільш сприятливим для формування повної склоподібності зерна виявився 2025 рік, коли за середнього по генотипах показника на рівні 73,4 %, повна склоподібність зерна досліджуваних форм змінювалася у межах 65–81 %.

У 2024 році показники повної склоподібності зерна були дещо меншими порівняно з 2025 роком та склали 60–78 %, за середнього показника по досліді на рівні 69,4 %. Найменше значення повної склоподібності зерна досліджувані селекційні форми сформували у 2023 році. Так, за середнього показника по досліді 56,3 % повна склоподібність зерна в цей рік змінювалася в межах 44–70 %.

Результати досліджень свідчать, що мінімальним розмахом варіювання показника повної склоподібності зерна (10 %), в середньому за три роки досліджень, характеризувалася лінія 572 *erythrospermum*, виділена з популяції Мутант 42 / Мутант 236, що свідчить про її пластичність. У вихідних батьківських форм Мутанта 42 і Мутанта 236 мінливість ознаки повної склоподібності становила 26 % і 13 % відповідно (табл. 6).

Таблиця 6. – Мінливість показника повної склоподібності у міжмутантних ліній і батьківських форм (середнє за 2023–2025 рр.)

Батьківські форми лінія	Повна скловидність ($\bar{x} \pm S\bar{x}$), %	Lim, %		S ²	V, %
		min	max		
Мутант 42	65±5,3	50	76	69,5	12,8
594 <i>erythrospermum</i>	65±4,9	51	75	63,7	12,3
Мутант 260	76±4,1	69	82	44,4	8,8
Мутант 236	60±4,1	53	66	42,7	10,9
572 <i>erythrospermum</i>	69±3,7	64	74	34,4	8,5
574 <i>lutescens</i>	59±5,7	43	71	83,2	15,5
Лісова пісня (st)	71±4,7	59	79	56,9	10,6

Інші досліджувані генотипи, в середньому за три роки проведення досліджень, характеризувалися значно ширшою амплітудою мінливості визначених показників повної склоподібності зерна, які склали від 24 % у лінії 594 *erythrospermum* до 28 % – селекційна форма 574 *lutescens*, відібрана з популяції Мутант 42 / Мутант 236. У стандарту Лісова пісня розмах мінливості досліджуваної ознаки склав 20 %.

Визначений коефіцієнт варіації показника повної склоподібності зерна у ліній і вихідних форм був незначним (V=8,5 %) у лінії 572 *erythrospermum* та (V=8,8 %) у Мутант 260 і середнім (V=10,6-15,5 %) у всіх інших досліджуваних селекційних форм.

Успадкування ознаки «повна склоподібність зерна» у досліджуваних ліній відбувалось за проміжним типом ($h_p=0,4$) у 572 *erythrospermum*, від'ємними домінуванням ($h_p=-0,3$) – 594 *erythrospermum* і від'ємними наддомінування ($h_p=-1,5$) – 574 *lutescens* (табл. 7).

Таблиця 7. – Успадкування і ступінь трансгресії за показником повна склоподібність зерна (середнє за 2023–2025 рр.)

Батьківські форми лінія	$(\bar{x} \pm S\bar{x})$, %	h_p	h^2	Ступінь трансгресії	Лінія у % до батьківських форм	
					♀	♂
Мутант 42	$65 \pm 5,3$	-	-	-	-	-
594 <i>erythrospermum</i>	$65 \pm 4,9$	-0,3	0,23	-6,8	100,0	85,5
Мутант 260	$76 \pm 4,1$	-	-	-	-	-
Мутант 236	$60 \pm 4,1$	-	-	-	-	-
572 <i>erythrospermum</i>	$69 \pm 3,7$	0,4	0,29	-2,1	115,0	90,8
574 <i>lutescens</i>	$59 \pm 5,7$	-1,5	0,25	-14,3	98,3	77,6

У всіх досліджуваних ліній за повної склоподібністю зерна встановили від'ємний ступінь трансгресії від -2,1 (572 *erythrospermum*) до -14,3 % – 574 *lutescens* відібраної з популяції Мутант 42 / Мутант 236.

Показник коефіцієнта успадковуваності у вузькому розумінні ($h^2=0,23$ – $0,29$) свідчать про суттєвий вплив зовнішніх умов на формування повної склоподібності зерна, за впливу генотипу лише на рівні 23–29 %. Також слід відмітити, що вплив довкілля на повну склоподібність зерна порівняно з загальною склоподібністю є значно меншим.

Перевищення над Мутантом 42 (материнська форма) за поіною склоподібністю зерна встановили лише у лінії 572 *erythrospermum*, а на рівні з ним формувала показник лінія 594 *erythrospermum*.

3.1. Оцінка ліній за вмістом клейковини

Технологічні показники якості зерна пшениці, що забезпечують формування високого, пористого і м'якого хліба із однорідною структурою м'якуша, специфічним ароматом, приємним на смак і колір обумовлюють вміст клейковини та її якість і хлібопекарські властивості борошна [66]. Величина об'ємного виходу хліба залежить від газотримуючої здатності тіста, яка може бути різною і залежить від кількості та властивостей клейковини, що є специфічним сильногідратованим білковим комплексом. Якщо клейковина якісна і її достатньо, то тісто буде пластичне і добре утримувати вуглекислий газ, який у ньому накопичується підвищуючи харчову цінність хліба та поліпшуючи хлібопекарські властивості борошна [69].

В середньому за 2023–2025 рр. проведення експерименту, за вмістом клейковини, всі досліджувані лінії міжмутантного походження перевищували одну з батьківських форм, однак поступалися іншій вихідній батьківській формі (табл. 8).

Таблиця 8. – Вміст клейковини у зерні пшениці, %

Батьківські форми і лінія	Клейковина, %			$\bar{x}$ за три роки	± до стандарту, %
	2023 р.	2024 р.	2025 р.		
Мутант 42	29,1	29,5	30,3	29,6	-0,6
594 <i>erythrospertum</i>	30,2	31,2	31,7	31,0	+0,8
Мутант 260	30,4	32,9	33,0	32,1	+1,9
Мутант 236	27,3	29,6	31,8	29,6	-0,6
572 <i>erythrospertum</i>	31,5	32,2	32,6	32,1	+1,9
574 <i>lutescens</i>	25,9	28,0	29,7	27,9	-2,3
Лісова пісня (st)	29,3	30,2	31,2	30,2	
НІР ₀₅	0,10	0,12	0,10		-

Дослідженнями встановили, що лінія 594 *erythrospermum* формуючи середній за три роки досліджень показника кількості клейковини 31,0 % перевищувала материнський компонент схрещування Мутант 42 (29,6 %) та поступалася запилювачу Мутанту 260 – 32,1 %.

У селекційних форм виділених з популяції Мутант 42 / Мутант 236, формування кількості клейковини, відбувалося наступним чином. Лінія 572 *erythrospermum* за кількістю в зерні клейковини (32,1 %) перевищувала материнську форму Мутант 42 і формувала показник на рівні чоловічої форми Мутанта 236 – 32,1 %. Водночас лінія 574 *lutescens* поступалася за вмістом клейковини (27,9 %) як материнській формі, так і чоловічому компоненту гібридизації на 1,7 % та 4,2 % відповідно.

У середньому за три роки проведення досліджень лише лінія 572 *erythrospermum* і Мутант 260, за вмістом клейковини у зерні мали достовірне перевищення над стандартом Лісова пісня – 30,2 %.

Отримані результати досліджень свідчать, що в роки проведення експерименту селекційні форми характеризувалися близькими показниками вмісту клейковини в зерні. Так у 2023 році за середнього по досліді вмісту клейковини у зерні 29,1 %, показник по генотипах склав – 25,9–31,5 %. У 2024 році за формування кількості клейковини у селекційних форм на рівні 28,0–32,9 % середнє значення становило – 30,5 %. Вміст клейковини в зерні пшениці озимої досліджуваних форм в умовах 2025 року склав 29,7–32,6 % за середнього показника по досліді 30,6 %.

Дослідженнями виявлено, що у 2023–2025 рр., найменшу мінливість кількості клейковини в зерні (0,7 %) мала лінія 572 *erythrospermum*, що була виділена добором з популяції Мутант 42 / Мутант 236. Середній розмах мінливості вмісту клейковини в зерні (1,3–2,8 %), у роки досліджень виявлений в Мутанта 42, Мутанта 260, лінії 594 *erythrospermum* і стандарту Лісова пісня. Найбільшим розмахом мінливості вмісту клейковини в зерні відзначилися Мутант 236 і лінія 574 *lutescens* з відповідними значенням 4,7 % і 3,9 % (табл. 9).

Таблиця 9. – Показники мінливості вмісту клейковини у міжмутантних ліній і вихідних форм (середнє за 2023–2025 рр.)

Батьківські форми і лінія	Вміст клейковини ($\bar{x} \pm S\bar{x}$), %	Lim, %		R, %	S ²	V, %
		min	max			
Мутант 42	29,6±1,2	29,1	30,4	1,3	4,7	7,3
594 <i>erythrospermum</i>	31,0±1,4	30,1	31,8	1,7	5,3	7,4
Мутант 260	32,1±1,9	30,3	33,1	2,8	8,5	9,1
Мутант 236	29,6±2,7	27,2	31,9	4,7	12,5	11,9
572 <i>erythrospermum</i>	32,1±0,8	32,0	32,7	0,7	3,6	5,9
574 <i>lutescens</i>	27,9±2,2	25,8	29,7	3,9	10,4	11,6
Лісова пісня (st)	30,2±1,6	29,2	31,3	2,1	6,8	8,6

Коефіцієнт варіації кількості клейковини в зерні досліджуваних ліній та їх батьківських форм змінювався в межах 5,9–11,9 %, що вказує на незначне та середнє варіювання ознаки. Незначне варіювання вмісту клейковини в зерні пшениці, за показником коефіцієнта варіації, спостерігали у ліній 572 *erythrospermum* (5,9 %) і 594 *erythrospermum* (7,4 %), Мутанта 42 (7,3 %), стандарту Лісова пісня (8,6 %), Мутанта 260 (9,1 %), що вказує на більшу вирівняність досліджуваної ознаки.

Нами виявлено, що показник кількості клейковини в зерні детермінувався міжмутантними лініями за позитивним домінуванням ($h_p=1,0$) – лінії 572 *erythrospermum*, проміжним домінуванням ($h_p=0,4$) – 594 *erythrospermum* і від’ємним наддомінуванням ($h_p=-2,4$) – 574 *lutescens*, про що свідчать дані таблиці 10.

Коефіцієнт успадкованості кількості клейковини в зерні досліджуваних ліній пшениці озимої знаходився в межах 0,32–0,46. Тому можна стверджувати, про вплив на формування ознаки у міжмутантних ліній як генотипової так і фенотипової мінливості. Найбільший вплив генотипу на формування кількості клейковини у зерні встановили у лінії 572

erythrospERMum, відібраної із популяції Мутант 42 / Мутант 236, за коефіцієнта успадковуваності на рівні 0,46.

Таблиця 10. – Детермінація і ступінь трансгресії за вмістом клейковини у зерні міжмутантних ліній (середнє за 2023–2025 рр.)

Батьківські форми і лінія	Вміст клейковини ($\bar{x} \pm S\bar{x}$), %	h_p	h^2	Ступінь трансгресії	Лінія у % до	
					♀	♂
Мутант 42	29,6±1,2	-	-	-	-	-
594 <i>erythrospERMum</i>	31,0±1,4	0,4	0,37	-2,7	104,7	96,6
Мутант 260	32,1±1,9	-	-	-	-	-
Мутант 236	29,6±2,7	-	-	-	-	-
572 <i>erythrospERMum</i>	32,1±0,8	1,0	0,46	0,8	108,4	100,0
574 <i>lutescens</i>	27,9±2,2	-2,4	0,32	-12,4	94,3	86,9

Найвищим ступенем позитивної трансгресії (0,8 %), за кількістю клейковини у зерні, характеризувалася лінія 572 *erythrospERMum*, що свідчить про можливість проведення доборів на отримання генотипів з високими значеннями вмісту клейковини в зерні. У інших досліджуваних міжмутантних ліній ступінь трансгресії за кількістю клейковини мав від’ємні значення на рівні – 2,7-12,4 %.

Вміст клейковини в зерні сильних сортів пшениці має становити не менше 28 %, а в борошні 70 % виходу – не менше 32 %, а її якість повинна бути не нижчу II групи. Досліджено, що борошно із зерна сильних сортів пшениць повинно мати довгу або середню за розтяжністю клейковину [70]. У сортів сильних пшениць вміст сирої клейковини в зерні складає від 25 до 45 % і більше [71].

Сира клейковина за фізичними властивостями класифікується на: сильну – помірно-пружна, зв’язну – достатньо розтяжна; слабку – досить

розтяжна, недостатньо пружна; міцну короткорвучу – досить пружна, мало розтяжна; крихку – недостатньо зв’язна [72].

Згідно ДСТУ 3768:2019 зерно пшениці м’якої за вмістом клейковини і показниками приладу ВДК-1 поділяється на чотири класи: перший клас – масова частка сирої клейковини не менше 28 % і одиниць приладу ВДК-1 – 45–100 о.п.; другий клас – сирої клейковини не менше 23 % і 45–100 одиниць приладу ВДК; третій клас – сирої клейковини не менше 18 % і 45–100 одиниць приладу ВДК. Для четвертого класу показники вмісту сирої клейковини і одиниць приладу ВДК не обмежено [73].

В умовах 2023 року серед виділених ліній та їх батьківських форм не було зразків, що характеризувалися клейковиною першої групи якості. Всі генотипи в цьому році мали клейковину другої групи якості, за виключенням міжмутантних ліній 572 *erythrosperrum* та 574 *lutescens*, які мали клейковину третьої групи якості (табл. 11).

Таблиця 11. – Якість клейковини у ліній і вихідних форм

Батьківські форми і лінія	2023 р.		2024 р.		2025 р.	
	Показник приладу ВДК-1	Група якості	Показник приладу ВДК-1	Група якості	Показник приладу ВДК-1	Група якості
Мутант 42	87,4	II, з.,с	85,7	II, з.,с	75,2	I, д
594 <i>erythrosperrum</i>	91,3	II, з.,с	84,4	II, з.,с	98,3	II, з.,с
Мутант 260	92,6	II, з.,с	83,4	II, з.,с	89,5	II, з.,с
Мутант 236	83,8	II, з.,с	73,6	I, д	74,0	I, д
572 <i>erythrosperrum</i>	108,7	III, н., с	98,3	II, з.,с	105,1	III, н., с
574 <i>lutescens</i>	106,4	III, н., с	96,4	II, з.,с	107,4	III, н., с
Лісова пісня (st)	83,2	II, з.,с	74,2	I, д	83,7	II, з.,с

У 2024 році клейковина першої групи якості визначена в Мутанта 236 і стандарту Лісова пісня, інші досліджувані генотипи мали клейковину другої групи якості. Клейковину зерна першої групи якості у 2025 році характеризувалися Мутант 42 і Мутант 236. Також необхідно відмітити, що у міжмутантних ліній виділених з популяції Мутант 42 / Мутант 236 – 572 *erythrospertum* і 574 *lutescens* була відмічена клейковина третьої групи якості.

Отже лише в Мутанта 236 у 2024 і 2025 рр. визначили клейковину першої групи якості. Впродовж трьох років досліджень клейковина другої групи якості спостерігалася у лінії 594 *erythrospertum* і Мутант 42.

Проведеними дослідженнями виявлено, що якість клейковини пшениці детермінується генотипом, однак спостерігаються її зміни залежно від метеорологічних умов року.

3.3. Аналіз ліній за проявом та успадкуванням показника седиментації

За три роки проведення експерименту міжмутантна лінія виділена з популяції Мутант 42 / Мутант 260 за показником седиментації (40 мл), поступався материнському компоненту гібридизації Мутанту 42 (43 мл), проте перевищував чоловічу форму Мутант 260 – 35 мл (табл. 12).

Досліджувані лінії, що були виділені добором з популяції Мутант 42 / Мутант 236 поступалися материнській формі схрещування Мутанту 42. Так, 572 *erythrospertum* формуючи показник седиментації 36 мл, поступалася материнському компоненту схрещування Мутанту 42 на 4 мл та перевищувала чоловічу форму Мутант 236 (35 мл) на 1 мл. Лінія 574 *lutescens* із середнім за 2023–2025 рр. показником седиментації на рівні 34 мл поступалася батьківським формам.

Порівняно з сортом-стандартом Лісова пісня всі досліджувані генотипи, за винятком Мутанта 42 мали менший показник седиментації.

Таблиця 12. – Показник седиментації, мл

Батьківські форми і лінія	Показник седиментації			$\bar{x}$ за три роки	$\pm$ до сорту- стандарту
	2023 р.	2024 р.	2025 р.		
Мутант 42	41	43	44	43	+2
594 <i>erythrospermum</i>	38	39	42	40	-1
Мутант 260	33	34	39	35	-6
Мутант 236	35	41	43	40	-1
572 <i>erythrospermum</i>	34	37	37	36	-5
574 <i>lutescens</i>	32	35	36	34	-7
Лісова пісня (st)	38	42	42	41	
НІР ₀₅	1,18	1,28	0,94	-	

У роки проведення досліджень більші показники седиментації визначили у 2024 і 2025 роках. Так, у 2024 році середній показник седиментації по досліді складав 38,2 мл, а в умовах 2025 року – 38,8 мл. Істотно менші показники седиментації, порівняно з попередніми роками, сформувалися у 2023 році та мали середнє значення по досліджуваних генотипах на рівні 35,9 мл.

Дослідженнями встановлено, що найбільш стабільним проявом показника седиментації в роки експерименту характеризувалася лінія 572 *erythrospermum* (33–38 мл) і Мутант 42 (40–45 мл) (табл. 13).

Дещо більший розмах мінливості за показником седиментації спостерігали в лінії 594 *erythrospermum* і стандарту Лісова пісня на рівні 6 мл та Мутанта 260 – 7 мл. Найбільший розмах варіювання за показником седиментації виявлено у Мутанта 236 – 10 мл.

Показники дисперсії, що використовувався при визначенні коефіцієнта варіації, в середньому за період проведення експерименту, в досліджуваних селекційних форм знаходився в межах 9,6–14,7.

Таблиця 13. – Варіювання показника седиментації у міжмутантних ліній і вихідних форм (середнє за 2023–2025 рр.)

Батьківські форми і лінії	Показник седиментації ($\bar{x} \pm S\bar{x}$), мл	Lim, мл		S ²	V, %
		min	max		
Мутант 42	43±1,3	40	45	9,6	7,2
594 <i>erythrospermum</i>	40±1,4	37	43	11,7	8,6
Мутант 260	35±1,5	32	39	12,9	10,3
Мутант 236	40±1,8	34	44	14,7	9,6
572 <i>erythrospermum</i>	36±1,3	33	38	10,2	8,9
574 <i>lutescens</i>	34±1,4	31	37	12,4	10,4
Лісова пісня (st)	41±1,4	37	43	12,3	8,6

Визначений коефіцієнт варіації за показником седиментації, в середньому за роки експерименту, у більшості селекційних форм був незначним ($V=7,2-9,6$ %) і середнім – Мутант 260 ($V=10,3$ %) та лінія 574 *lutescens* – $V=10,4$ %.

Дослідженнями встановлено, що успадкування показника седиментації у досліджуваних міжмутантних ліній мало різноманітний характер. Так, у лінії 594 *erythrospermum* детермінація показника седиментації відбувалась за позитивним домінуванням – $h_p=0,7$). Успадкування даного показника в ліній, що виділені добором з популяції Мутант 42 / Мутант 236 відбувалось за проміжним типом ($h_p=-0,3$) – 572 *erythrospermum*, а в 574 *lutescens* від’ємним наддомінування – $h_p=-1,6$ (табл. 14).

У міжмутантних ліній коефіцієнт успадкованості показника седиментації відповідав значенням 0,29–0,47, що вказує, як на генотипову, так і фенотипову мінливість даної ознаки. Дослідженнями відмічено, що найбільшою мінливістю ознаки, спричинену генотипом характеризувалася лінія 594 *erythrospermum* з показником коефіцієнта успадкованості у вузькому розумінні на рівні 0,47.

Таблиця 14. – Успадкування і ступінь трансгресії за показником седиментації у міжмутантних ліній (середнє за 2023–2025 рр.)

Батьківські форми і лінія	Показник седиментації ($\bar{x} \pm S\bar{x}$), мл	h_p	h^2	Ступінь трансгресії, %	Лінії у % до	
					♀	♂
Мутант 42	43±1,3	-	-	-	-	-
594 <i>erythrospermum</i>	40±1,4	0,7	0,47	1,6	93,0	114,3
Мутант 260	35±1,5	-	-	-	-	-
Мутант 236	40±1,8	-	-	-	-	-
572 <i>erythrospermum</i>	36±1,3	-0,3	0,32	-3,7	90,0	102,9
574 <i>lutescens</i>	34±1,4	-1,6	0,29	-11,8	89,0	97,1

Ступінь трансгресії за показником седиментації у досліджуваних міжмутантних ліній склав від 1,6 % (594 *erythrospermum*) до мінус 11,8 % (574 *lutescens*) виділеної доборою з популяції Мутант 42 / Мутант 236.

3.4. Оцінка ліній пшениці за проявом та успадкуванням вмісту білка в зерні

Серед основних зернових культур зерно пшениці містить найбільше білку. Залежно від різних факторів, зокрема, генотипу, умов вирощування вміст білку у зерні пшениці м'якої озимої може становити від 13 до 15 %. Також у зерні пшениці м'якої озимої міститься значна кількість вуглеводів та близько 70 % крохмалю [74].

Показники якості зерна характеризуються безперервною мінливістю, внаслідок полігенного генетичного контролю і значної модифікаційної мінливості під впливом умов зовнішнього середовища, тому необхідно постійно проводити їх оцінку за взаємодії «генотип–умови року» [75].

В середньому, за три роки проведення досліджень, найбільшим показником вмісту білка у зерні пшениці озимої характеризувалася лінія з 594 *erythrospertum* (14,5 %) і на 0,1 % перевищувала вихідні форми, в яких вміст білка відповідав значенню 14,4 %. Також лінія 594 *erythrospertum* достовірно на 0,5 % перевищувала стандарт Лісова пісня з вмістом білку – 14,0 % (табл. 15).

Таблиця 15. – Вміст білка у зерні міжмутантних ліній і батьківських форм, %

Лінії та батьківські форми	Вміст білка, %			$\bar{x}$ за три роки	$\pm$ до стандарту, %
	2023 р.	2024 р.	2025 р.		
Мутант 42	14,0	14,5	14,7	14,4	+0,4
594 <i>erythrospertum</i>	14,2	14,4	14,8	14,5	+0,5
Мутант 260	14,0	14,5	14,6	14,4	+0,4
Мутант 236	13,5	14,4	14,5	14,1	+0,1
572 <i>erythrospertum</i>	13,1	14,6	14,6	14,1	+0,1
574 <i>lutescens</i>	13,5	14,1	14,2	13,9	-0,1
Лісова пісня (st)	13,5	14,1	14,3	14,0	
НІР ₀₅	0,14	0,14	0,07	-	

Досліджувана лінія 572 *erythrospertum*, в середньому за роки проведення експерименту, з вмістом білка на рівні 14,1 % була на рівні чоловічої форми гібридизації Мутант 236 (14,1 %), однак на 0,3 % поступалася материнському компоненту схрещування Мутанту 42 – 14,4 %. Окрім цього лінія 572 *erythrospertum* перевищувала стандарт Лісова пісня на 0,1 %.

Визначені в результаті досліджень показники вмісту білка у міжмутантного лінії пшениці озимої 574 *lutescens* (13,9 %), відібраної з комбінації Мутант 42 / Мутант 236, поступаються вихідним батьківським формам і стандарту.

Виявлено, що досліджувані генотипи пшениці сформували більший вміст білка в зерні (14,2–14,8 %) в умовах 2025 року, за середнього значення по досліді – 14,5 %.

У 2023 році кількість білка у зерні була дещо меншою за 2025 р. та в середньому по досліді становила 14,2 % з варіюванням по селекційних формах від 14,1 % до 14,6 %.

Найменше накопичення вмісту білка у зерні було відмічено у 2023 році за середнього по досліді показника 13,8 % із формуванням у досліджуваних генотипів – 13,1–14,2 %.

У середньому за 2023–2025 рр. найменшою мінливістю показника вмісту білка в зерні (0,7 %) за найменшого значення 14,1 % і 13,9 % та найбільшого 14,8 % і 14,6 % характеризувалися лінія 594 *erythrospertum* та Мутант 260, що використовувався в якості чоловічої форми гібридизації. Менше варіювання досліджуваної ознаки свідчить про її більш стабільний прояв в контрастні за метеорологічними умовами роки досліджень (табл. 16).

Таблиця 16. – Мінливість вмісту білка у зерні (середнє за 2023–2025 рр.)

Батьківські форми і лінія	Вміст білка ($\bar{x} \pm S\bar{x}$), %	Lim, %		Коефіцієнт варіації (V), %
		min	max	
Мутант 42	14,4 $\pm$ 0,12	13,9	14,7	5,9
594 <i>erythrospertum</i>	14,5 $\pm$ 0,11	14,1	14,8	4,5
Мутант 260	14,4 $\pm$ 0,11	13,9	14,6	4,9
Мутант 236	14,1 $\pm$ 0,15	13,4	14,5	7,8
572 <i>erythrospertum</i>	14,1 $\pm$ 0,18	13,0	14,6	8,4
574 <i>lutescens</i>	13,9 $\pm$ 0,12	13,4	14,2	6,1
Лісова пісня (st)	14,0 $\pm$ 0,13	13,4	14,3	6,3

Дещо більше варіювання вмісту білка в зерні пшениці рівні, за період експерименту, спостерігали в Мутанта 42 (0,8 %), лінії 574 *lutescens* (0,8 %), Мутанта 236 (1,1 %). Сорт Лісова пісня (стандарт) мав розмах мінливості

вмісту білка на рівні 0,9 %, за мінімального та максимального показника 13,4 % та 14,3 % відповідно.

Найбільше варіювання вмісту білка в зерні, в середньому за три роки досліджень відмічено у лінії 572 *erythrospertum* –1,6 %.

Коефіцієнт варіювання вмісту білка, в середньому за роки експерименту, відповідав значенню 4,5-8,4 %, що вказує на незначне варіювання.

Проведений аналіз успадкування вмісту білка в зерні показав, що досліджувані лінії мали доволі різноманітну детермінацію ознаки. Так, у лінії 594 *erythrospertum* успадкування проходило за позитивного наддомінування ($h_p=3,8$) (табл. 17).

Таблиця 17. – Успадкування вмісту білка міжмутантними лініями
(середнє за 2023–2025 рр.)

Батьківські форми і лінія	Вміст білка ($\bar{x} \pm S\bar{x}$), %	h_p	h^2	Ступінь трансгресії, %	Лінії у % до	
					♀	♂
Мутант 42	14,4±0,12	-	-	-	-	-
594 <i>erythrospertum</i>	14,5±0,11	3,8	0,41	7,6	100,7	100,7
Мутант 260	14,4±0,11	-	-	-	-	-
Мутант 236	14,1±0,15	-	-	-	-	-
572 <i>erythrospertum</i>	14,1±0,18	0,2	0,31	-1,2	100,0	97,9
574 <i>lutescens</i>	13,9±0,12	-1,1	0,27	-3,6	98,6	96,5

Лінії виділені з популяції Мутант 42 / Мутант 236 детермінували вміст білка у зерні за проміжним типом ($h_p=0,2$) – 572 *erythrospertum* і від'ємним наддомінування ($h_p=-1,1$) – 574 *lutescens*.

Визначений у наших дослідженнях коефіцієнт успадкованості лініями вмісту білка в зерні пшениці озимої становив 0,27–0,41, що вказує на більшу модифікацію ознаки навколишнім довкіллям.

Ступінь трансгресивних форм за вмістом білка, в середньому за 2023–2023 рр., змінювався від 7,6 % (лінія 594 *erythrospERMum*) до мінус 3,6 % у лінії, що була відібрана з популяції Мутант 42 / Мутант 236.

ВИСНОВКИ

1. Успадкування загальної склоподібності зерна у досліджуваних ліній виділених з міжмутантних популяцій відбувалось за типом проміжного успадкування ($h_p=0,3$) – 594 *erythrospertum*, позитивного домінування ($h_p=0,7$) – 572 *erythrospertum* і від'ємного наддомінування ($h_p=-1,3$) – 574 *lutescens*.
2. Серед міжмутантних ліній найвищу повну скловидність зерна (69 %), в середньому за три роки досліджень, мала лінія 572 *erythrospertum*.
3. Детермінація повної склоподібності зерна відбувалася за проміжним успадкуванням ($h_p=0,4$) у лінії 572 *erythrospertum* і 594 *erythrospertum* – $h_p=-0,3$ і за від'ємним наддомінуванням 574 *lutescens* – $h_p=-1,5$.
4. За вмістом в зерні клейковини (32,1 %) міжмутантна лінія 572 *erythrospertum* перевищувала материнську форму Мутант 42 (29,6 %) і знаходилася на рівні чоловічої форми Мутанта 260 – 32,1 %.
5. Успадкування вмісту клейковини у зерні досліджуваними лініями відбувалось за позитивним домінуванням ($h_p=1,0$) – 572 *erythrospertum*, проміжним успадкуванням ($h_p=0,4$) – 594 *erythrospertum* і від'ємним наддомінуванням ($h_p=-2,4$) – 574 *lutescens*.
6. Коефіцієнт успадкованості вмісту клейковини в міжмутантних ліній склав 0,32–0,46. Таким чином характерною для міжмутантних ліній за досліджуваною ознакою як генотипова, так і фенотипічна мінливість.
7. Успадкування показника седиментації у досліджуваних ліній відбувалося за позитивним домінуванням ($h_p=0,7$) – 594 *erythrospertum*, проміжним типом ($h_p=-0,3$) – 572 *erythrospertum* і від'ємним наддомінуванням ($h_p=-1,6$) – 574 *lutescens*.
8. В середньому за три роки досліджень максимальним вмістом білка у зерні пшениці (14,5 %) характеризувалася лінія 594 *erythrospertum*, перевищуючи стандарт Лісова пісня на 0,5 %.

9. Успадкування вмісту білка у ліній відбувалось за позитивним наддомінування ($h_p=3,8$) – 594 *erythrospermum*, проміжним типом ($h_p=0,2$) – 572 *erythrospermum* і від'ємним наддомінування ($h_p=-1,1$) – 574 *lutescens*.

ПРОПОЗИЦІЇ ДЛЯ СЕЛЕКЦІЙНОЇ ПРАКТИКИ

Селекційна лінія 594 *erythrospertum*, яка у роки досліджень характеризувалася високими показниками якості зерна включена нами в наступні етапи селекційного процесу і рекомендуються для залучення до гібридизації з метою створення нового вихідного матеріалу пшениці м'якої озимої з високими показниками продуктивності та якості зерна.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Васильківський С. П., Вільчинська Л. А., Лозінський М. В., Сидорова І. М., Хоменко Т. М., Шох С. С. Спеціальна генетика сільськогосподарських культур: навчальний посібник. Біла Церква, 2011. 230 с.
2. Кириленко В. В., Дубовик Н. С., Гуменюк О. В., Вологдіна Г. Б., Лось Р. М., Дубовик Д. Ю. Селекція пшениці м'якої озимої за використання пшенично-житніх транслокацій в умовах Центрального Лісостепу: монографія. К. : Компрінт, 2021. 221 с.
3. Моргун В. В., Гаврилюк М. М., Оксьом В. П., Моргун Б. В., Починок В. М. Впровадження у виробництва нових, стійких до стресових факторів, високопродуктивних сортів озимої пшениці, створених на основі використання хромосомної інженерії та маркер-допоміжної селекції. *Наука та інновації*. 2014. № 105. С. 11–16.
4. Собко Т. О., Сірант Л. В., Лісова Г. М. Генетична різноманітність сортів пшениці м'якої ярої за локусами запасних білків. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2018. Т. 23. С. 334–339.
5. 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(101). С. 34–42.
6. Мазур О. В., Мазур О. В., Лозінський М. В. Селекція та насінництво польових культур: навчальний посібник. Вінниця : ТВОРИ, 2020. 348 с.
7. Лозінський М. В. Особливості успадкування господарсько цінних ознак та добір у популяціях пізніх поколінь мутантно-сортівих гібридів озимої пшениці: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.05. Одеса, 2005. 20 с.
8. 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.

9. Васильківський С. П., Кочмарський В. С. Селекція і насінництво польових культур: підручник. Біла Церква, 2016. 376 с.
10. Зінченко О. І., Салатенко В. Н., Білоножко М. А. За ред. О. І. Зінченка. Рослинництво: Підручник. К.: Аграрна освіта, 2001. 591 с.
11. Орлюк А. П. Генетика пшениці з основами селекції. Монографія. Херсон: Айлант, 2012, 436 с.
12. Молоцький М. Я., Васильківський С. П., Князюк В. І. Селекція та насінництво польових культур. Практикум. Біла Церква, 2008. 192 с.
13. Kristensen P. S., Jahoor A., Andersen J. R., Cericola F., Orabi J., Janss L. L., Jensen J. Genome-wide association studies and comparison of models and cross-validation strategies for genomic prediction of quality traits in advanced winter wheat breeding lines. *Frontiers in Plant Science*. 2018. № 9. Article 69.
14. Лозінський М. В., Бурденюк-Тарасевич Л.А. Вплив гідротермічних умов на формування продуктивної кущистості *T. aestivum* L. озимої за гібридизації різних екотипів. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні проблеми ведення сільського господарства та підготовки фахівців аграрного профілю», м. Біла Церква, 15 лютого 2018 року. С. 17–18.
15. Li Q., Pan Z., Gao Y., Li T., Liang J., Zhang Z., Zhang H., Deng G., Long H., Yu M. Quantitative trait locus (QTLs) mapping for quality traits of wheat based on high density genetic map combined with bulked segregant analysis RNA-seq (BSR-Seq) indicates that the basic 7S globulin gene is related to falling number. *Frontiers in Plant Science*. 2020. № 11. Article 600788.
16. Hedden P. The genes of the Green Revolution. *Trends in Genetics*. – 2003. – V.19. – P. 5–9.
17. Ларченко К. А., Моргун Б. В. Ознаки якості зерна пшениці та методи їх поліпшення. *Фізіологія і біохімія культурних рослин*. 2010. Т.42. №6. С. 463–474.
18. Guo H., Yan Z., Li X. et al. Development of a high-efficient mutation resource with phenotypic variation in hexaploid winter wheat and identification of novel alleles in the TaAGP.LB1 gene. *Front Plant Science*. 2017. V. 8. P. 1–9.

19. Ciaffi M. Dominici L., Lafiandra D. High molecular weight glutenin subunit variation in wild and cultivated einkorn wheats (*Triticum* spp., Poaceae). *Plant Systematics and Evolution*. – 1998. V. 209. P. 123–137.
20. 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, 2021. 300 с.
21. Тарасюк О. І., Починок В. М. Вміст у листках азоту та продуктивність ліній озимої м'якої пшениці, унікальних за хлібопекарськими властивостями. *Физиология растений и генетика*. 2015. №1. С. 66–73.
22. Kasarda D. D. Bernardin J. E., Nimmo C.C. Wheat proteins. *Advances in Cereal Science and Technology*. Minnesota, USA, 1976. V.158. 236 p.
23. Simmonds N. The relation between yield and protein in cereal grain. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 1995. V. 67. P. 309–315.
24. Литовченко А. О., Глушко Т. В., Сидякіна О. В. Якість зерна сортів пшениці озимої залежно від факторів та умов року вирощування на півдні Степу України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2017. Вип. 3(95). С. 101–111.
25. Velu G., Ortiz-Monasterio I., Cakmak I. et al. Biofortification strategies to increase grain zinc and iron concentrations in wheat. *Journal of Cereal Science*. 2014. V.59. P. 365–372.
26. Долгальова Ю. А., Лозінський М. В., Куманська Ю. О., Сидорова І. М., Юрченко А. І. Фізичні показники якості зерна спельтоподібних чорнобильських радіомутантів пшениці озимої. *Зернові культури*. Том 9. № 1. С. 68–78.
27. Долгальова Ю. А., Лозінський М. В., Юрченко А. І., Устинова Г. Л., Самойлик М. О. Формування показників якості зерна у спельтоподібних чорнобильських радіомутантів пшениці озимої. *Аграрні інновації*. 2025. № 30. С. 204–213.

28. Verma S. K., Kumar S., Sheikh I. et al. Transfer of useful variability of high grain iron and zinc from *Aegilops kotschy* into wheat through seed irradiation approach. *International Journal of Radiation Biology*. 2016. V.92. P. 132–139.

29. Андрійченко Л. В. Хомяк П. В., Рибка В. С., Компанієць В. О. Агроекологічні та економічні аспекти вирощування озимої пшениці в умовах Південного Лісостепу України. *Екологія. Наукові праці*. К., 2010. Том 132. Вип. 119. С. 41–44.

30. Аріфов М. Б. Коваль Т. М., Лифенко С. П. Закономірність прояву гомеостатичності сортів озимої пшениці при різних строків сівби. *Аграрний вісник Причорномор'я*. Збірник наукових праць. Біологічні та сільськогосподарські науки. Одеса: ОДАУ, 2002. Вип. 18. С. 79–85.

31. Воленчук Н. А. Сорт рослин як інноваційний продукт науково-дослідної установи. *Роль науково-технічного забезпечення розвитку агропромислового комплексу в сучасних ринкових умовах: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Дніпро, 25 лютого, 2021 р.)*. Дніпро, 2021. С. 490–492.

32. Lozinskyi M., Burdenyuk-Tarasevych L., Grabovskyi M., Grabovska T., Roubik H. Winter wheat (*T. aestivum* L.) yield depending on the duration of autumn vegetation and the terms of spring vegetation recovery: 50-years study in Ukraine. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*. 2023. Vol. LXVI. № 1. P. 406–415.

33. Улинець В. З., Мелешко А. О. Адаптивні і продуктивні моделі сортів озимої пшениці степових регіонів України. *Посібник українського хлібороба*. 2012. Т. 2. С. 190–193.

34. Негіс І. Т. Озима пшениця в зоні Степу. Херсон, Айлант, 2004. 95 с.

35. Gathala M. K. Timsina J., Islam Md. S Conservation agriculture based tillage and crop establishment options can maintain farmers' yields and increase profits in South Asia's rice-maize systems. Evidence from Bangladesh. *Field Crops Research*. 2014. P. 85–98.

36. Лозінський М. В. Теоретичні і практичні основи селекції пшениці м'якої озимої на підвищення адаптивного потенціалу для умов Лісостепу

України: Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора сільськогосподарських наук за спеціальністю 06.01.05 «Селекція і насінництво» (201 – Агрономія). Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України. – Одеса, 2024. 495 с.

37. Жук О. І. Сортова специфіка макроморфогенезу озимої пшениці. *Професор С. Л. Франкфурт (1866-1954) видатний вчений-агробіолог, один з дієвих організаторів академічної науки в Україні (до 150-річчя від дня народження): матеріали Міжнародної науково-практичної конференції* (Київ, 18 листоп. 2016 р.). Ч. 1. С. 55–57.

38. Кириленко В. В., Дубовик Н. С., Гуменюк О. В., Вологдіна Г. Б., Лось Р. М., Дубовик Д. Ю. Селекція пшениці м'якої озимої за використання пшенично-житніх транслокацій в умовах Центрального Лісостепу: монографія. К. : Компрінт, 2021. 221 с.

39. Самойлик М. О., Лозінський М. В., Устинова Г. Л. Формування кількості колосків у головному колосі пшениці м'якої озимої залежно від екотипу. *Вклад наукових інвестицій у розвиток агропромислового комплексу в умовах обмеженого ресурсного забезпечення та флуктуацій клімату: матеріали міжнародної науково-практичної конференції молодих учених і спеціалістів* (м. Дніпро, 16–17 березня 2023 р.). Дніпро, 2023. С. 63–65.

40. Vlasenko V. A., Bakumenko O. M., Osmachko O. M., Burdulaniuk A. O., Tatarynova V. I., Demenko V. M., Rozhkova T. O., Yemets O. M., Bilokopytov V. I., Horbas S. M., Fanhua M., Qian Z. Ecological plasticity and adaptability of Chinese winter wheat varieties (*Triticum aestivum* L.) under the conditions of North-East forest steppe of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2018. № 8(4). P. 114–121.

41. Демидов О. А., Замліла Н. П., Вологдіна Г. Б., Гуменюк О. В., Рисін А. Л. Особливості визначення адаптивності селекційних ліній пшениці м'якої озимої в умовах центрального Лісостепу України: монографія. Київ: Компрінт, 2023. 219 с.

42. Долгальова Ю. А., Лозінський М. В., Устинова Г. Л., Самойлик М. О., Юрченко А. І. Формування вмісту і якості клейковини зерна у спельтоподібних чорнобильських радіомутантів *Triticum* L. Агробіологія. 2025. № 1. С. 40–54.
43. Жемела Г. П. Проблеми селекції озимої пшениці на якість зерна. *Наукові праці Полтавської державної аграрної академії*. Том 4 (23). Сільськогосподарські науки. Полтава, 2005. С. 3–7.
44. Жемела Г. П., Бараболя О. В., Татарко Ю. В., Антоновський О. В. Вплив сортових особливостей на якість зерна пшениці озимої. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2020. № 3. С. 32–39.
45. Литовченко А. О., Глушко Т. В., Сидякіна О. В. Якість зерна сортів пшениці озимої залежно від факторів та умов року вирощування на півдні Степу України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2017. Вип. 3(95). С. 101–111.
46. Nazarenko M., Kharytonov M. Characterization of wheat mutagen depression after gamma-rays irradiated. *Agriculture and Forestry*. 2016. № 62(4). P. 267–276.
47. Nevo E., Grama F., Biles A., Golenberg E. Resources of high-protein genotypes in wild wheat, *Triticum diococcoides* in Israel: Predictive method by ecologi and alozyme markers. *Genetyca*. 1986. V. 68, № 3. P. 215–227.
48. Levy A. A. Feldman M. Increase in grain protein percentage in high-yielding common wheat breeding lines by genes from wild tetraploid wheat. *Euphytica*. 1987. V. 36, № 2. P. 353–359.
49. Панченко І. А. Лучной В. В., Леонов О. Ю. Використання світового генофонду озимої пшениці в селекції на якість зерна. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2005. № 1. С. 21–22.
50. Morel M., Dehlon P., Autran J., Leygue J. Effects of temperature, sonication time and power settings on size distribution and extractability of total wheat proteins as determined by sizeexclusion high performance liquid chromatogrpfphy. *Cereal Chemisry*. 2000. V. 77, № 5. P. 685–691.

51. Панченко І. А., Усова З. В., Притула Н. М. та ін. Інформативна цінність та успадкування алельних варіантів блоків високомолекулярних глютенінів в селекції озимої пшениці на якість зерна. *Селекція і насінництво*. Харків: ІР ім. В. Я. Юр'єва УААН, 2007. Вип. 94. С. 115–128.

52. Солоня В. Й., Власенко В. А., Колючий В. Т., Франчук Н. В. Якість зерна ліній м'якої пшениці різного походження. *Наук.-техн. бюл. МПП*. 2004. Вип. 4. С. 46–50.

53. Матвієць В. Г. Створення вихідного матеріалу для селекції озимої пшениці. *Селекція і насінництво*. – Харків: ІР ім. В. Я. Юр'єва, 2000. Вип. 84. С. 26–34.

54. Животков Л. О. Корчинський А. А. Формування сортової структури пшениці. *Вісник аграрної науки*. 2000. № 7. С. 42–43.

55. 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 СГІ. Одеса, 1996. С. 117–132.

56. Вавилов Н. И. Мировые ресурсы хлебных злаков. Пшеница. М. – Л.: Наука, 1964. 124 с.

57. Mc Neal F. N. Quire C. F., Klindworth D. L. Agronomie and quality characteristics of apring wheat lines selected for protein yield. *Euphytica*. 1982. V. 31. № 2. P. 377–381.

58. Рибалка О. І. Генетичне поліпшення якості пшениці : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. біол. Наук. – Одеса, 2009. – 44 с.

59. Рибалка О. І. Червоніс М. В., Литвененко М. А. Генетична гетерогенність сортів пшениці одеської селекції за алельним складом Gli/Glu-локусів. *Вісник аграрної науки*. 2008. № 2. С. 54–59.

60. Jaiswal V., Gahlaut V., Mathur S., Agarwal P., Khandelwal M. K., Khurana J. P., Tyagi A. K., Balyan H. S., Gupta P. K. Identification of novel SNP in promoter sequence of TaGW2-6A associated with grain weight and other

agronomic traits in wheat (*Triticum aestivum* L.). *PLoS ONE*. 2015. № 10(6). Article e0129400.

61. Лиса Л. Л. Внесок елементів структури врожаю у формування рівня вмісту білка в зерні. *Вісник Укр. т-ва генетиків і селекціонерів*. 2009. Т. 7, № 1. С. 58–65.

62. Ситник В. П. Наукове забезпечення виробництва конкурентно спроможного зерна в Україні. *Збірник наукових праць ІЗ УААН*. К., 2004. С. 5–9.

63. Ткачик С. О., Лещук Н. В., Присяжнюк О. І. Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Загальна частина. Український інститут експертизи сортів рослин. 4-те вид. Вінниця, 2016. 120 с.

64. Ткачик С. О., Києнко З. Б., Присяжнюк Л. М. та ін. Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Методи визначення показників якості продукції рослинництва. Український інститут експертизи сортів рослин. Вінниця, 2016. 159 с.

65. Beil C.M., Atkins P.E. Inheritance of quantitative characters in grain sorghum. *Jowa J. Sci.*, 1965. Vol. 39. № 3. P. 345–358.

66. Глеваський В. І., Лозінський М. В., Сидорова І. М., Шох С. С., Дубовик Н. С., Куянов В. В. Технологія зберігання та переробки продукції рослинництва: практикум для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти зі спеціальності 201–Агрономія). Біла Церква, 2021. 175 с.

67. Глупак З. І., Радченко М. В. Аналіз якості пшениці м'якої озимої в умовах ННБК Сумського НАУ. *Вісник Сумського НАУ*. 2014. №2. С. 28–33.

68. Lullien-Pellerin V. Both genetic and environmental conditions affect wheat grain texture: Consequences for grain fractionation and flour properties. *Journal of Cereal Science*. 2020. Vol. 92. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2020.102917>

69. Шувар А. М., Беген Л. Л., Тимків М. Ю., Войтович Р. М. Формування врожаю і якості зерна пшениці озимої залежно від строків сівби та рівня

живлення. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2018. Вип. 63. С. 161–173.

70. Карпенко В. П., Мостов'як І. І., Любич В. В., Полянецька І. О., Петренко В. В. Технологічна оцінка клейковини зерна спельтоподібних форм пшениці. *Збірник наукових праць Національного наукового центру Інститут землеробства НААН*. 2015. № 2. С. 192–198.

71. Гладченко В. Я., Фабричнікова І. А. Визначення кількості і якості зерна пшениці: методичні вказівки. Харків: ХНТУСГ ім. П. Василенка, 2012. 16 с.

72. Невмивако Г. В. Вплив попередників на врожайність і якість зерна озимої пшениці. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2008. № 4. С. 74–76.

73. ДСТУ 3768:2019 Пшениця. Технічні умови. URL: https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dstu_3768_2019.pdf

74. Жемела Г. П., Шемавньов В. І., Олексюк О. М. Технологія зберігання та переробки продукції рослинництва: підручник. Полтава, 2003. 420 с.

75. Подпряттов Г. І., Скалецька Л. Ф., Сеньков А. М., Подпряттов Г. І. Технологія зберігання і переробки продукції рослинництва: практикум. К.: Вища освіта, 2004. 272 с.

ДОДАТКИ

Середньодобова температура повітря (°C) по декадах

Місяць, декада		2022 р.	2023 р.	2024 р.	2025 р.	Середня багаторічна
Січень	I	1,8	-1,1	-2,5	2,4	-5,3
	II	-3,5	0,6	-3,6	0,1	-6,7
	III	-2,6	-1,5	-0,5	3,5	-5,7
Лютий	I	-0,1	-3,9	2,5	-2,3	-4,6
	II	2,2	1,1	2,3	-5,6	-4,7
	III	3,1	1,0	5,3	-3,6	-4,0
Березень	I	-1,0	2,1	2,4	6,3	-2,0
	II	-0,9	3,6	2,2	6,2	-0,3
	III	7,0	7,8	8,3	7,8	3,1
Квітень	I	7,0	7,2	14,1	4,8	7,0
	II	6,5	8,9	11,6	11,4	7,8
	III	10,8	10,0	11,5	14,4	10,4
Травень	I	12,8	10,6	14,8	11,6	13,5
	II	14,9	16,0	12,9	10,6	15,3
	III	15,6	17,4	19,4	16,7	15,8
Червень	I	20,4	18,0	21,3	21,4	17,3
	II	20,6	19,0	20,0	17,4	17,4
	III	21,3	20,1	21,2	17,7	18,7
Липень	I	21,8	21,0	22,5	22,7	18,5
	II	17,6	20,9	26,5	20,6	19,4
	III	21,3	19,9	21,4	21,9	19,1
Серпень	I	19,9	21,7	20,7		19,7
	II	21,1	22,4	21,2		18,6
	III	22,0	23,6	23,5		17,0
Вересень	I	12,5	17,5	20,8		16,0
	II	12,9	17,7	19,5		13,7
	III	11,4	18,8	18,2		11,8
Жовтень	I	11,5	11,2	14,5		10,1
	II	8,1	9,8	8,5		8,1
	III	9,9	12,9	9,0		5,4
Листопад	I	6,3	9,8	5,1		3,4
	II	3,2	3,9	3,0		1,9
	III	-0,4	-1,3	-0,8		0,7
Грудень	I	-2,9	-2,7	-0,3		1,2
	II	-1,0	1,1	0,3		3,0
	III	1,4	3,0	0,1		-2,9

Сума атмосферних опадів (мм) по декадах

Місяць, декада		2022 р.	2023 р.	2024 р.	2025 р.	Середня багаторічна
Січень	I	17,3	7,0	18,4	3	14
	II	3,4	1,9	9,0	7	9
	III	9,8	3,4	12,1	5	12
Лютий	I	4,4	7,7	29,5	1	9
	II	4,4	7,9	6,8	2	15
	III	1,7	10,9	2,8	0,0	9
Березень	I	12,1	2,3	0,0	0,0	9
	II	0,0	10,3	43,8	18	9
	III	3,9	13,2	6,2	7	12
Квітень	I	14,0	61,5	5,3	23	14
	II	7,2	27,4	39,8	5	17
	III	18,6	7,1	32,9	0,0	16
Травень	I	0,0	0,0	0,8	17	16
	II	2,7	0,0	0,0	23	12
	III	32,4	7,9	11,8	44	18
Червень	I	2,8	16,6	21,8	9	23
	II	1,2	0,0	58,8	17	27
	III	14,6	43,0	0,8	9	23
Липень	I	0,8	27,3	0,0	1	35
	II	24,1	22,3	40,9	14	24
	III	0,3	36,2	1,2	114	26
Серпень	I	34,6	3,3	7,8		16
	II	40,5	0,3	1,8		25
	III	0,0	18,4	0,0		19
Вересень	I	25,9	4,7	3,9		13
	II	39,2	17,9	9,3		11
	III	21,0	0,0	0,0		11
Жовтень	I	9,1	2,8	46,3		11
	II	1,2	24,8	9,4		10
	III	9,7	24,5	0,3		12
Листопад	I	5,8	28,5	0,0		13
	II	25,4	20,9	5		15
	III	29,7	17,6	45		13
Грудень	I	4,3	13,2	22		14
	II	26,9	21,8	28		16
	III	14,2	10,5	5		14