

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ**  
**І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Кваліфікаційна наукова  
праця на правах рукопису

**РАКОВ АНДРІЙ ЮРІЙОВИЧ**

УДК: 575.113.2:633.111.1

**ДИСЕРТАЦІЯ**  
**СЕЛЕКЦІЙНА ЦІННІСТЬ КОЛЕКЦІЙНИХ ЗРАЗКІВ ЯК БАТЬКІВСЬКИХ**  
**КОМПОНЕНТІВ ГЕТЕРОЗИСНИХ ГІБРИДІВ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ**  
**ОЗИМОЇ**

201 «Агрономія»

20 «Аграрні науки та продовольство»

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень.  
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на  
відповідне джерело А. Ю. Раков

**Науковий керівник**  
Дмитренко Юлія Михайлівна  
кандидат сільськогосподарських наук,  
доцент

Київ – 2026

## АНОТАЦІЯ

*Раков А.Ю.* Селекційна цінність колекційних зразків як батьківських компонентів гетерозисних гібридів пшениці м'якої озимої. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 «Агрономія». – Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, 2026.

У дисертаційній роботі здійснено теоретичний аналіз сучасного стану гетерозисної селекції пшениці м'якої озимої в Україні та світі, узагальнено наукові підходи до добору батьківських компонентів, а також обґрунтовано селекційну цінність колекційних зразків як батьківських компонентів для створення високопродуктивних гетерозисних гібридів на основі комплексної оцінки морфо-біологічних ознак, інтенсивності екструзії пиляків та комбінаційної здатності в умовах Правобережного Лісостепу України.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми досліджень, сформульовано мету та завдання, визначено наукову новизну, практичне значення отриманих результатів та особистий внесок здобувача.

У **першому** розділі узагальнено наукові праці вітчизняних та зарубіжних вчених, присвячені гетерозисній селекції сільськогосподарських культур. Розглянуто історичні аспекти запровадження ефекту гетерозису, проаналізовано основні критерії добору батьківських форм для створення гібридів пшениці, зокрема концепцію гетерозисних груп та патернів, морфо-біологічні вимоги до материнських і батьківських форм. Детально висвітлено сучасні системи гібридизації та технології отримання гібридного насіння пшениці, включаючи цитоплазматичну чоловічу стерильність (ЦЧС), хімічну кастрацію (СНА) та альтернативні системи. Проаналізовано світові досягнення та перспективи гетерозисної селекції пшениці м'якої озимої, а також сучасний стан впровадження гібридів в Україні.

У **другому** розділі наведено характеристику ґрунтово-кліматичних умов місця проведення досліджень (ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна

станція»). Представлено матеріал досліджень – 92 колекційні зразки пшениці м'якої озимої різного еколого-географічного походження. Описано схему досліджень, яка включала попередню оцінку колекції, відбір 11 перспективних зразків, формування на їх основі материнського та батьківського пулу і створення експериментальних гібридних комбінацій  $F_1$  методом топкросів. Описано методики польових і лабораторних досліджень, включаючи VAEX-метод оцінки екструзії пиляків, фітопатологічну оцінку, визначення елементів структури врожаю та якості зерна, а також методи математико-статистичного аналізу (кореляційний, регресійний, кластерний, дисперсійний, аналіз комбінаційної здатності).

У **третьому** розділі наведено результати аналізу селекційно-цінних ознак 92 колекційних зразків. Встановлено мінливість за інтенсивністю екструзії пиляків (від 3 до 9 балів). Виділено зразки з максимальним та стабільним проявом цієї ознаки. Проведено детальний морфо-біологічний аналіз 11 відібраних генотипів, що дозволило диференціювати їх за висотою рослин, термінами колосіння, стійкістю проти хвороб, елементами структури врожаю та якістю зерна. За результатами кластерного аналізу за сукупністю ознак досліджувані генотипи розподілено на три групи, кожна з яких має чітко виражений селекційний профіль, що закладає основу для формування батьківських пулів. За використання кореляційно-регресійного аналізу виявлено статистично значущі обернені зв'язки між інтенсивністю екструзії пиляків та довжиною колоса, кількістю колосків і зерен у колосі, що свідчить про морфо-фізіологічну компенсацію між здатністю до перехресного запилення та елементами продуктивності колоса.

У **четвертому** розділі представлено результати оцінки прояву гетерозису та комбінаційної здатності у 25 експериментальних гібридів  $F_1$ . Встановлено варіабельність прояву істинного гетерозису залежно від комбінації схрещування. Найвищі значення істинного гетерозису за врожайністю зафіксовано у комбінаціях Метелиця Харківська/Mescal (71,7 %), Зореслава/Mescal (66,2 %), Тайра/Mescal (54,6 %) та Соборна/Mescal (49,5 %), що ідентифікує сорт Mescal як цінний компонент для підвищення продуктивності. За якісними ознаками позитивний

гетерозис проявили гібриди за участю лінії Altigo, особливо Altigo/Urbanus (ГІ 11,1 % за вмістом білка та 7,2 % за вмістом клейковини).

Проведено оцінку загальної (ЗКЗ) та специфічної (СКЗ) комбінаційної здатності батьківських компонентів. Високі значення ЗКЗ за врожайністю мають Mescal (+1,47), Метелиця Харківська (+1,11) та Зореслава (+0,91). Донорами високої якості зерна визначено Altigo та Urbanus. За стійкістю проти хвороб найвищі ефекти ЗКЗ проявили Соборна та Київська 17 (септоріоз), Mescal, Ювілейна Патона та Altigo (борошниста роса). Аналіз СКЗ виявив унікальні генетичні взаємодії, зокрема високі варіанси СКЗ за врожайністю у ліній Altigo (3,91) та Зореслава (1,96), а також у тестерів Mescal (2,77) та Лірика Білоцерківська (2,11).

У п'ятому розділі досліджено прояв конкурсного гетерозису та надано комплексну характеристику перспективним гібридним комбінаціям. Найвищий конкурсний гетерозис за врожайністю забезпечили гібриди Зореслава/Mescal (+29,8 %, 12,4 т/га) та Метелиця Харківська/Mescal (+28,4 %, 12,3 т/га). Виділено гібриди з вираженими спеціалізованими властивостями: Тайра/Mescal (висока стійкість до борошнистої роси), Соборна/Mescal (виняткова стійкість до септоріозу), Altigo/Urbanus (високий вміст білка та сирої клейковини), Зореслава/Ювілейна Патона та Тайра/Urbanus (висока маса 1000 зерен). На основі комплексної оцінки сформовано науково обґрунтовану модель використання батьківських компонентів у гетерозисній селекції. До материнського пулу віднесено низькорослі, ранньостиглі форми з високою екструзією пиляків (Altigo, Зореслава, Метелиця Харківська, Соборна, Тайра). До чоловічого пулу – високорослі форми з пізнішим цвітінням та високими показниками структури врожаю (Achim, Mescal, Urbanus, Київська 17, Лірика Білоцерківська, Ювілейна Патона). Найперспективнішими батьківськими компонентами визначено Mescal, Зореслава (донори продуктивності) та Urbanus (донор якості зерна).

**Ключові слова:** пшениця м'яка озима, гетерозисна селекція, колекційний зразок, батьківський компонент, викидання пиляків, комбінаційна здатність, гібрид F<sub>1</sub>, гетерозис, урожайність, якість зерна.

## ABSTRACT

*Rakov A. Y. Breeding value of collection samples as parental components of heterosis hybrids of soft winter wheat. – Qualification scientific work as a manuscript.*

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in the specialty 201 "Agronomy". – National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, 2026.

In the dissertation, a theoretical analysis of the current state of heterosis selection of soft winter wheat in Ukraine and the world is carried out, scientific approaches to the selection of parental components are generalized, as well as the breeding value of collection samples as parental components for the creation of highly productive heterosis hybrids based on a comprehensive assessment of morpho-biological traits, anther extrusion intensity and combinability in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine is substantiated.

The **introduction substantiates** the relevance of the research topic, formulates the goal and objectives, determines the scientific novelty, practical significance of the results obtained and the personal contribution of the applicant.

The **first** section summarizes the scientific works of Ukrainian and foreign scientists devoted to the heterosis selection of agricultural crops. The historical aspects of the introduction of the heterosis effect are considered, the main criteria for the selection of parental forms for the creation of wheat hybrids are analyzed, in particular the concept of heterosis groups and patterns, morpho-biological requirements for maternal and paternal forms. Modern hybridization systems and technologies for obtaining hybrid wheat seeds, including cytoplasmic male sterility (CMS), chemical castration (CHA) and alternative systems, are analyzed.

The **second** section describes the soil and climatic conditions of the research site. The research material is presented – 92 collection samples of soft winter wheat of various ecological and geographical origin. The research scheme is described, which included a preliminary assessment of the collection, the selection of 11 promising samples, the formation of a maternal and paternal pool on their basis and the creation of experimental hybrid combinations  $F_1$  by the topcross method. Methods of field and laboratory research,

including the VAEX method for assessing the anthers extrusion, phytopathological assessment, determination of elements of the crop structure and grain quality, as well as methods of mathematical and statistical analysis (correlation, regression, cluster, dispersion, analysis of combinational ability) are described.

The **third** section presents the results of the analysis of selection and valuable traits of 92 collection samples. Significant variability in the intensity of anther extrusion (from 3 to 9 points) is established. Samples with the maximum and stable manifestation of this trait are allocated. A detailed morphobiological analysis of 11 selected genotypes was carried out, which made it possible to differentiate them by plant height, heading time, resistance to diseases, elements of the crop structure and grain quality. According to the totality of traits, the studied genotypes are divided into three groups, each of which has a clearly defined selection profile, which lays the foundation for the formation of parental pools. Using correlation-regression analysis, statistically significant inverse relationships between the intensity of anther extrusion and the length of the ear, the number of spikelets and grains in the ear were revealed, which indicates a morpho-physiological compensation between the ability to cross-pollination and the elements of ear productivity.

The **fourth** section presents the results of the assessment of the manifestation of heterosis and combinational ability in 25 experimental F<sub>1</sub> hybrids. Significant variability in the manifestation of true heterosis depending on the combination of crossing was established. The highest values of true heterosis in terms of yield were recorded in the combinations Metelitsa Kharkivska/Mescal (71,7 %), Zoreslava/Mescal (66,2 %), Taira/Mescal (54,6 %) and Soborna/Mescal (49,5 %), which identifies the Mescal variety as a valuable component for increasing productivity.

The general (GCC) and specific (SCS) combinability of the parental components were assessed. Mescal (+1,47), Metelitsa Kharkivska (+1,11) and Zoreslava (+0,91) have high yield values. Altigo and Urbanus were identified as donors of high-quality grain. In terms of resistance to diseases, the highest effects of GCS were shown by Soborna and Kyivska 17 (septoria), Mescal, Yubileyna Patona and Altigo (powdery mildew).

In the **fifth** section, the manifestation of competitive heterosis is investigated and a comprehensive description of promising hybrid combinations is provided. The highest competitive heterosis in terms of yield was provided by hybrids Zoreslava/Mescal (+29,8 %, 12,4 t/ha) and Metelitsa Kharkivska/Mescal (+28,4 %, 12,3 t/ha). Hybrids with pronounced specialized properties have been identified: Taira/Mescal (high resistance to powdery mildew), Soborna/Mescal (exceptional resistance to septoria), Altigo/Urbanus (high content of protein and gluten), Zoreslava/Yubileyna Patona and Taira/Urbanus (high weight of 1000 grains). Based on a comprehensive assessment, a scientifically grounded model of the use of parental components in heterosis selection has been formed. The maternal pool includes undersized, early-ripening forms with high extrusion of anthers (Altigo, Zoreslava, Metelitsa Kharkivska, Soborna, Taira). The male pool includes tall forms with later flowering and high yield structure (Achim, Mescal, Urbanus, Kyivska 17, Lirika Bilotserkivska, Yubileyna Patona).

**Keywords:** soft winter wheat, heterosis selection, collection sample, parent component, anther extrusion, combination, F<sub>1</sub> hybrid, heterosis, yield, grain quality.

## СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

**Стаття у періодичному науковому виданні,  
проіндексованому у міжнародній наукометричній базі даних Scopus**

1. **Rakov A.**, Dmytrenko Y., Spriazhka R., Zaika Y. The starting material is the basis of heterotic wheat breeding. *Agronomy Research*. 2025. Vol. 23 (3). P. 1657–1671. *(Rakov A. виконано експериментальну частину дослідження, проведено оцінку вихідного матеріалу для гетерозисної селекції пшениці, здійснено статистичну обробку отриманих даних, сформульовано мету, наукову новизну та висновки дослідження, підготовлено рукопис до друку. Dmytrenko Y. здійснено постановку наукової проблеми, наукове керівництво дослідженням, перевірено науковий зміст рукопису, підготовлено англomовну версію статті до друку та погоджено остаточний варіант публікації. Spriazhka R. надано консультаційну допомогу щодо представлення та оформлення результатів досліджень відповідно до*

міжнародних вимог наукових видань. Заїка У. проведено додатковий пошук і аналіз наукових джерел, а також уніфікацію наукової термінології, використаної в рукописі).

**Статті у наукових виданнях,  
включених до Переліку наукових фахових видань України:**

2. **Раков А. Ю.,** Дмитренко Ю. М. Комбінаційна здатність батьківських компонентів гібридів пшениці озимої за господарсько-цінними ознаками. Сільське господарство

та рослинництво: теорія і практика. 2025. № 3. С. 108–117. (Раковим А. Ю. проведено польові та лабораторні дослідження, визначено комбінаційну здатність батьківських компонентів, виконано статистичний аналіз результатів, сформульовано наукову новизну, практичне значення та висновки, підготовлено рукопис до друку. Дмитренко Ю. М. здійснено постановку наукового завдання, наукове консультування під час виконання досліджень, перевірено достовірність отриманих результатів, відредаговано текст статті та узгоджено остаточний варіант публікації).

3. Дмитренко Ю. М., Жемойда В. Л., Башкірова Н. В., Заїка Є. В., **Раков А. Ю.** Стан та перспективи розвитку гетерозисної селекції пшениці м'якої озимої. Аграрні інновації. 2025. Вип. 31. С. 172–179. (Раковим А. Ю. проведено аналіз сучасного стану гетерозисної селекції пшениці м'якої озимої, здійснено пошук, добір та систематизацію наукових джерел, підготовлено основну частину рукопису до друку. Дмитренко Ю. М. забезпечено загальне наукове керівництво підготовкою публікації, перевірено наукову обґрунтованість матеріалу та затверджено остаточний варіант рукопису. Жемойдою В. Л. надано консультативну допомогу щодо інтерпретації результатів досліджень у галузі селекції пшениці. Башкіровою Н. В. проведено наукове редагування розділу, присвяченого типам цитоплазматичної чоловічої стерильності у пшениці. Заїкою Є. В. здійснено добір додаткових літературних джерел та їх аналіз з питань гетерозису).

### Тези наукових доповідей

4. **Раков А. Ю.,** Дмитренко Ю. М. Оцінка зимостійкості батьківських компонентів гібридів пшениці м'якої озимої. Продовольча та екологічна безпека в умовах війни та повоєнної відбудови: виклики для України та світу: Міжнародні науково-практична конференція, м. Київ, 25 травня 2023 року: тези доповіді. Київ, 2023. С. 628. *(Раковим А. Ю. проведено оцінку зимостійкості батьківських компонентів гібридів пшениці м'якої озимої, виконано аналіз отриманих результатів, підготовлено тези доповіді. Дмитренко Ю. М. здійснено наукове консультування, перевірено достовірність результатів досліджень, відредаговано текст та погоджено остаточний варіант матеріалів).*

5. **Раков А. Ю.,** Дмитренко Ю. М. Підбір колекційних зразків для створення батьківських компонентів гібридів пшениці озимої. Післявоєнне відновлення ґрунтових і рослинних ресурсів та продовольча безпека країни: Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 20–21 червня 2024 року: тези доповіді. Київ, 2024. С. 176. *(Раковим А. Ю. проведено добір та оцінку колекційних зразків пшениці, здійснено аналіз вихідного матеріалу для гетерозисної селекції, підготовлено тези доповіді. Дмитренко Ю. М. здійснено постановку завдання дослідження, надано методичні рекомендації щодо оцінки селекційного матеріалу, відредаговано та погоджено остаточний текст).*

6. **Раков А. Ю.,** Дмитренко Ю. М. Характеристика батьківських компонентів і гібридів пшениці м'якої озимої за стійкістю проти листових хвороб. Освіта і наука в умовах викликів і загроз. Внесок молодих вчених в сталий розвиток: Міжнародна наукова конференція, м. Київ, 21–22 листопада 2024 року: тези доповіді. Київ, 2024. С. 215. *(Раковим А. Ю. проведено оцінку батьківських компонентів та гібридів пшениці за стійкістю проти листових хвороб, проаналізовано результати досліджень, підготовлено тези доповіді. Дмитренко Ю. М. здійснено наукове консультування щодо інтерпретації результатів, перевірено науковий зміст матеріалів та погоджено остаточний варіант).*

7. **Раков А.,** Дмитренко Ю. Застосування кластерного аналізу для ідентифікації гетерогенних груп пшениці з метою гетерозисної селекції.

Продовольча безпека України. Збереження та відновлення ґрунтових і рослинних ресурсів: Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 22 травня 2025 року: тези доповіді. Київ, 2025. С. 204. *(Раковим А. Ю. виконано кластерний аналіз селекційного матеріалу пшениці, здійснено інтерпретацію отриманих результатів та підготовлено тези доповіді. Дмитренко Ю. М. надано консультаційну допомогу щодо застосування статистичних методів у селекційних дослідженнях, відредаговано та погоджено остаточний текст матеріалів).*

**8. Раков А. Ю.,** Дмитренко Ю. М. Оцінка прояву гетерозису у гібридів пшениці м'якої озимої. Теоретичні засади інноваційного розвитку рослинництва: Міжнародна науково-практична інтернет-конференція, м. Харків, 20 жовтня 2025 року: тези доповіді. Харків, 2025. С. 86–88. *(Раковим А. Ю. проведено оцінку прояву гетерозису у гібридів пшениці м'якої озимої, виконано аналіз отриманих даних, сформульовано висновки та підготовлено тези доповіді. Дмитренко Ю. М. здійснено наукове керівництво дослідженням, перевірено обґрунтованість висновків, відредаговано та погоджено остаточний варіант матеріалів).*

## ЗМІСТ

<b>ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ</b>	<b>13</b>
<b>ВСТУП</b>	<b>14</b>
<b>РОЗДІЛ 1. ГЕТЕРОЗИСНА СЕЛЕКЦІЯ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ: СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ</b>	<b>20</b>
1.1. Запровадження ефекту гетерозису в сільсько-господарських культур...	20
1.2. Основні критерії добору батьківських форм для створення гібридів пшениці.....	32
1.3. Системи гібридизації та технології отримання гібридного насіння пшениці.....	37
1.4. Досягнення та перспективи гетерозисної селекції пшениці м'якої озимої .....	51
Висновки до розділу 1 .....	56
<b>РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ, МЕТОДИКИ ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ</b>	<b>59</b>
2.1. Матеріали та методики проведення досліджень.....	59
2.2. Ґрунтово-кліматичні умови місця проведення досліджень .....	68
Висновки до розділу 2 .....	74
<b>РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ СЕЛЕКЦІЙНО-ЦІННИХ ОЗНАК ТА ГЕНЕТИЧНОЇ СТРУКТУРИ КОЛЕКЦІЙНИХ ЗРАЗКІВ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ</b>	<b>75</b>
3.1. Викидання пиляків як ознака селекційної цінності батьківських компонентів пшениці м'якої озимої .....	75
3.2. Морфо-біологічна варіабельність та господарсько-цінні ознаки батьківських компонентів пшениці м'якої озимої .....	80
3.2.1. Варіабельність морфо-біологічних ознак у батьківських компонентів	80
3.2.2. Структура продуктивності колоса у батьківських компонентів	85
3.2.3. Варіабельність показників якості зерна у батьківських компонентів	90
3.2.4. Врожайність батьківських компонентів	92

3.3. Кореляційно-регресійний аналіз взаємозв'язку інтенсивності прояву викидання пиляків з господарсько-цінними ознаками.....	94
3.4. Кластеризація генотипів за селекційно-цінними ознаками.....	98
Висновки до розділу 3 .....	101
<b>РОЗДІЛ 4. ПРОЯВ ГЕТЕРОЗИСУ ТА КОМБІНАЦІЙНА ЗДАТНІСТЬ БАТЬКІВСЬКИХ КОМПОНЕНТІВ ГІБРИДІВ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗА ГОСПОДАРСЬКО-ЦІННИМИ ОЗНАКАМИ</b>	<b>103</b>
4.1. Прояв гетерозису та характер успадкування господарсько-цінних ознак гібридами $F_1$ .....	103
4.2. Оцінка загальної комбінаційної здатності батьківських компонентів гібридів пшениці за комплексом господарсько-цінних ознак .....	114
4.3. Специфічна комбінаційна здатність батьківських компонентів гібридів пшениці за показниками урожайності та якості зерна .....	121
Висновки до розділу 4 .....	128
<b>РОЗДІЛ 5. КОНКУРСНИЙ ГЕТЕРОЗИС У СТВОРЕНИХ ГІБРИДІВ <math>F_1</math> ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ВИДІЛЕНИХ БАТЬКІВСЬКИХ КОМПОНЕНТІВ</b>	<b>130</b>
5.1. Оцінка конкурсного гетерозису у гібридів першого покоління пшениці м'якої озимої .....	130
5.2. Характеристика гібридів $F_1$ пшениці м'якої озимої за цінними господарськими ознаками .....	133
5.3. Характеристика виділених батьківських ліній та розробка моделі їх використання у гетерозисній селекції .....	136
Висновки до розділу 5 .....	142
<b>ВИСНОВКИ</b>	<b>144</b>
<b>РЕКОМЕНДАЦІЇ</b>	<b>147</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b>	<b>148</b>
<b>ДОДАТКИ</b>	<b>163</b>

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

- АДС – Агрономічна дослідна станція
- НУБіП України – Національний університет біоресурсів і природокористування України
- ВП НУБіП України – відокремлений підрозділ НУБіП України
- ГГ – гетерозис гіпотетичний
- ГІ – гетерозис істинний
- ГК – гетерозис конкурсний
- ЗКЗ – загальна комбінаційна здатність
- НААН – Національна академія аграрних наук
- НІР<sub>05</sub> – найменша істотна різниця
- СКЗ – специфічна комбінаційна здатність
- СН – самонесумісність
- ЦЧС (CMS)* – цитоплазматична чоловіча стерильність
- Va* – група генів забарвлення алейронового шару
- СНА – тип чоловічої стерильності на основі гаметоцидної (хімічної) кастрації
- ChMS – Система XYZ-4E-*ms* у хромосомній чоловічій стерильності
- СІММУТ – Міжнародний центр покращення кукурудзи та пшениці
- F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub> – гібрид першого, другого, третього покоління
- GMS – ядерна чоловіча стерильність
- Ms* – група генів ядерної чоловічої стерильності
- PCMS – система фоточутливої цитоплазматичної чоловічої стерильності
- Rf* – група генів відновлення фертильності
- Rht* – група генів низькорослості
- TGMS – термочутлива рецесивна чоловіча стерильність
- VAEX – visual anther extrusion – оцінка викидання пиляків
- НААН України – Національна академія аграрних наук України
- НАН України – Національна академія наук України
- Лірика Біл. – Лірика Білоцерківська
- Юв. Патона – Ювілейна Патона
- Метелиця Харк. – Метелиця Харківська

## ВСТУП

На даний час у світі гостро стоїть проблема продовольчої безпеки людства. Зміни клімату, використання земель, придатних для вирощування сільськогосподарських культур, під вирощування біоенергетичних культур, проблеми з логістикою засобів захисту рослин та добрив негативно впливають на об'єми валового збору зернових культур. Для забезпечення зростаючого попиту на пшеницю, що виникає через постійне збільшення кількості населення, споживання м'яса і молочних продуктів, а також використання біопалива та біогазу, необхідно подвоїти світовий обсяг її виробництва до 2050 року (Gupta, et al., Hybrid wheat: past, present and future, 2019). Вирішенням проблеми може стати селекція, а саме використання ефекту гетерозису в пшениці для створення інтенсивних гібридів на основі екологічно і генетично віддалених батьківських компонентів (Muhleisen, Piepho, Maurer, Longin, & Reif, 2014).

**Актуальність теми.** Створення гібридів на основі цитоплазматичної чоловічої стерильності в ХХ столітті дало змогу підвищити врожайність таких культур як кукурудза, рис, соняшник, цукровий буряк та ін. За останні 60 років селекціонерами проведена робота з вирішення основних проблем гібридної пшениці, а саме: створення донорів стерильності, підвищення відсотку запилення колосу під час виробництва насіння, що викликає зменшення його собівартості та ін. (Kempe, Rubtsova, & Gils, 2014). Вже сьогодні можна спостерігати впровадження нових гібридів пшениці на території США, Канади та Європейського союзу (Changping, 2013). Наразі гібриди пшениці займають близько 1 % посівної площі пшениці у світі та ведуться наукові дослідження з метою підвищення даного показника. Тому, створення гібридів пшениці м'якої озимої є перспективним для забезпечення продовольчої та економічної безпеки України (Scapino & Blandino, 2025).

В умовах України гібридна селекція пшениці м'якої озимої досі не набула широкого практичного впровадження, що зумовлено складністю добору ефективних батьківських компонентів, нестабільністю прояву гетерозису та

обмеженою кількістю науково обґрунтованих критеріїв прогнозування селекційної цінності вихідного матеріалу. У зв'язку з цим актуальним є пошук доступних та інформативних ознак і методичних підходів, які дозволяють підвищити ефективність добору батьківських форм на ранніх етапах селекційного процесу, що й зумовило вибір теми даного дослідження. Дана дисертаційна робота спрямована на подолання зазначених обмежень шляхом комплексної оцінки колекційних зразків пшениці м'якої озимої, виявлення найперспективніших батьківських компонентів для гетерозисної селекції та розробки науково обґрунтованих підходів до їх використання в умовах України, що створить передумови для створення вітчизняних конкурентоспроможних гібридів.

**Мета дослідження** – визначення селекційної цінності колекційних зразків пшениці м'якої озимої як батьківських компонентів при створенні гетерозисних гібридів на основі комплексної оцінки морфо-біологічних ознак, інтенсивності викидання пиляків, комбінаційної здатності та обґрунтування ефективних підходів до їх використання у селекційному процесі.

Для досягнення поставленої мети передбачалося вирішення таких завдань:

- дослідити мінливість морфо-біологічних і господарсько-цінних ознак колекційних зразків пшениці м'якої озимої в умовах Правобережного Лісостепу України;
- встановити закономірності прояву інтенсивності викидання пиляків у колекційних зразків пшениці м'якої озимої та оцінити можливість використання цієї ознаки як критерію попереднього добору батьківських компонентів;
- обґрунтувати доцільність використання кластерного аналізу для формування груп генетично віддалених колекційних зразків з метою підвищення ефективності добору батьківських пулів у гетерозисній селекції;
- оцінити загальну та специфічну комбінаційну здатність відібраних колекційних зразків за основними господарсько-цінними ознаками;
- встановити взаємозв'язок між показниками комбінаційної здатності батьківських форм і рівнем прояву гетерозису в гібридних комбінаціях пшениці м'якої озимої;

- виділити перспективні колекційні зразки та гібридні комбінації для подальшого використання в селекційних програмах зі створення гібридів пшениці м'якої озимої;

- розробити моделі материнських і батьківських форм пшениці м'якої озимої, оптимізовані для створення гетерозисних гібридів  $F_1$ , шляхом визначення основних морфо-біологічних ознак, комбінаційної здатності та синхронності цвітіння.

*Предмет дослідження* – селекційна цінність колекційних зразків пшениці м'якої озимої як батьківських компонентів для створення гібридів із комплексом цінних господарських ознак.

*Об'єкт дослідження* – сорти, колекційні зразки вітчизняної та іноземної селекції і експериментальні гібриди пшениці м'якої озимої для ведення гетерозисної селекції

#### **Методи дослідження:**

- польовий – фенологічні спостереження, оцінка морфологічних ознак та елементів структури врожаю, проведення схрещувань;

- лабораторний – визначення основних показників якості зерна в колекційних зразків, сортів та експериментальних гібридів;

- вимірювально-ваговий – визначення біометричних параметрів рослин;

- математично-статистичні – статистична обробка експериментальних даних, у тому числі аналіз загальної та спеціальної комбінаційної здатності зразків.

#### **Наукова новизна одержаних результатів:**

##### **Уперше:**

- в умовах Правобережного Лісостепу України проведено комплексну оцінку 92 колекційних зразків пшениці м'якої озимої за інтенсивністю екструзії пиляків із використанням VAEX-методу;

- виділено 10 зразків, які характеризуються високим і стабільним рівнем екструзії пиляків та є перспективними батьківськими компонентами за ознаками, важливими для перехресного запилення;

- на основі кластерного аналізу 11 відібраних генотипів за сукупністю морфо-біологічних і господарсько-цінних ознак обґрунтовано їх розподіл на три групи з різним селекційним профілем (високопродуктивні форми, ранньостиглі низькорослі зразки з високою екструзією пиляків, генотипи з підвищеними показниками якості зерна та здатністю до перехресного запилення), що створило наукову основу для формування материнського та батьківського пулів у рамках гетерозисної селекції;

- створено 25 експериментальних гібридів  $F_1$  пшениці м'якої озимої та проведено оцінку їхньої загальної і специфічної комбінаційної здатності, що дозволило ідентифікувати цінні донори основних господарсько-цінних ознак;

#### **Удосконалено:**

- підхід до добору батьківських компонентів для гетерозисної селекції пшениці м'якої озимої, який поєднує оцінку колекційних зразків за інтенсивністю екструзії пиляків, кластерний аналіз за комплексом морфо-біологічних ознак та визначення загальної і специфічної комбінаційної здатності, що дозволяє підвищити ефективність селекційного процесу.

#### **Набуло подальшого розвитку:**

- оцінка морфо-біологічних показників перспективних генотипів пшениці м'якої озимої за системою критеріїв, що є визначальними для формування материнського та батьківського пулів у селекції на гетерозис;

- визначення загальної та специфічної комбінаційної здатності батьківських компонентів за основними господарсько-цінними ознаками, що дозволило ідентифікувати перспективні гібридні комбінації для створення високопродуктивних гетерозисних гібридів пшениці м'якої озимої з покращеними показниками якості зерна та стійкості проти збудників листових хвороб;

- обґрунтування перспективності використання виділених материнських компонентів як вихідного матеріалу для подальшого переведення на систему цитоплазматичної чоловічої стерильності.

**Практичне значення** одержаних результатів полягає у виділенні перспективних батьківських форм та гібридних комбінацій, які можуть бути

використані у селекційній практиці для створення нових конкурентоспроможних сортів і гібридів пшениці м'якої озимої з високим рівнем врожайності та якості зерна.

**Особистий внесок здобувача.** Здобувачем разом із науковим керівником розроблено науковий вектор і основну структуру плану дослідження. Самостійно проведено аналіз наявних вітчизняних та іноземних наукових праць за темою дисертації, проведено польові та лабораторні дослідження, структуровано, проаналізовано та проведено статистичний аналіз отриманих результатів, сформульовано основні положення дисертації, висновки і пропозиції для селекційної практики. З наукових праць, опублікованих у співавторстві, в дисертації використано лише ті ідеї та положення, які є результатом особистої роботи здобувача.

**Апробація основних результатів дослідження.** Основні положення та результати дисертації доповідалися та обговорювалися на: Міжнародній науково-практичній конференції «Продовольча та екологічна безпека в умовах війни та повоєнної відбудови: виклики для України та світу» (м. Київ, 2023 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Післявоєнне відновлення ґрунтових і рослинних ресурсів та продовольча безпека країни» (м. Київ, 2024 р.); Міжнародній науковій конференції «Освіта і наука в умовах викликів і загроз. Внесок молодих вчених в сталий розвиток» (м. Київ, 2024 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Продовольча безпека України. Збереження та відновлення ґрунтових і рослинних ресурсів» (м. Київ, 2025 р.); Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Теоретичні засади інноваційного розвитку рослинництва» (м. Харків, 2025 р.).

**Публікації.** За темою дисертації опубліковано 8 наукових праць, з яких 1 стаття у міжнародному науковому фаховому виданні включеному до міжнародних наукометричних баз даних, 2 статті у наукових фахових виданнях України, 5 тез наукових доповідей.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертація складається з анотацій, вступу, п'яти розділів, висновків, рекомендацій, списку використаних

джерел і додатків. Загальний обсяг дисертації становить 197 сторінок, робота включає 42 таблиць та 23 рисунки. Список використаних джерел налічує 143 найменувань, з яких 108 англійською мовою.

## РОЗДІЛ 1. ГЕТЕРОЗИСНА СЕЛЕКЦІЯ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ: СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ

### 1.1. Запровадження ефекту гетерозису в сільсько-господарських культур

Гетерозис – це явище, за якого гібриди, отримані в результаті схрещування двох генетично різних ліній, проявляють підвищену життєздатність, ріст, врожайність або інші покращені характеристики порівняно з їхніми батьківськими формами. Це явище стало важливим кроком у розвитку світової сільськогосподарської практики, адже воно дозволяє отримувати генотипи рослини, які є більш продуктивними та стійкими до стресів і хвороб. Поширення даного явища значно вплинуло на агрономію, підвищуючи врожайність культур і забезпечуючи стабільність постачання продуктів харчування по всьому світу (Мазур О. В., 2023) (Молоцький, Васильківський, & Князюк, 2006).

Концепція «гібридної сили», або «гетерозису», що вказує на збільшення значень ознак у потомств гібридів першого покоління, описана ще у XVIII ст. Джозеф Готліб Кельрейтер – один із перших дослідників, що описав гетерозис у міжвидових схрещуваннях родів *Dianthus* L., *Mirabilis* L., *Verbascum* L., *Nicotiana* L. У 1914 р. Дж. Шелл запропонував називати підвищену силу гібридів терміном «гетерозигозис», а потім «гетерозис». Цей термін з 1917 р. став загальновизнаним (Fischer, та ін., 2008) (Мазур О. В., 2023).

Дональд Ф. Джонс, один із піонерів у використанні гетерозису, розробив метод подвійного схрещування (double cross), який став основою для виробництва гібридного насіння кукурудзи. Науково-дослідні інститути в США, такі як Мічиганський державний університет та Іллінойський університет, активно працювали над вдосконаленням методів селекції. У Європі значний внесок зробили українські науковці, зокрема Інститут рослинництва імені В. Я. Юр'єва (м. Харків), де були розроблені високопродуктивні гібриди кукурудзи для умов СРСР (Дзюбецький, Черчель, & Антонюк, 2001) .

Перші зареєстровані гібриди кукурудзи з'явилися у 1920-1930-х роках у США. Серед них найвідоміший – гібрид Кросбі 616, створений у 1924 році.

Проте, варто зазначити, що використовувати гетерозисні гібриди у сільському господарстві почали набагато пізніше, зокрема в регіонах вирощування кукурудзи в Сполучених Штатах Америки, починаючи з 1930-х років. У 1935 році гібридне насіння використовувалося менше ніж на 10 % від площ вирощування кукурудзи в штаті Іова, але вже до 1939 року даний показник становив понад 90 %. Однією з основних причин швидкого прийняття фермерами гібридів була їх підвищена стійкість до посух, що проявлялися під час періоду «Пилового бунту» з 1934 по 1936 рік. (Молоцький, Васильківський, & Князюк, 2006). Використання гібридів не лише забезпечило стійкість до абіотичних факторів, а призвело до сталого збільшення врожайності, зробивши їх невід'ємною складовою сучасної сільськогосподарської практики (Мазур О. В., 2023) (Birchler, Yao, & Chudalayandi, 2006).

Значним поштовхом у розвитку гетерозисної селекції кукурудзи стало відкриття цитоплазматичної чоловічої стерильності (ЦЧС), котра була вперше описана у 1940-х роках, коли вчені звернули увагу на природні аномалії в розвитку пилкових зерен у деяких ліній кукурудзи. Одним із перших дослідників, хто зробив вагомий внесок у вивчення ЦЧС, став американський вчений Маркус Роудс. В його працях 1947 року вказано, що стерильність пилку є результатом взаємодії ядерних і цитоплазматичних генів (Carena, 2009).

Типи ЦЧС поділяють за особливостями цитоплазми. Найвідоміші серед них:

- Т-тип (Texas). Ця форма стерильності виявлена у 1950-х роках. Контролюється стерильною цитоплазмою та ядерними генами *Rf1*, *Rf2*. Вона характеризується високою ефективністю у контролі стерильності пилку, але має суттєвий недолік – сприйнятливість до гельмінтоспоріозу (*Helminthosporium maydis*), грибної хвороби, яка спричинила епідемію у 1970-х роках у США. Внаслідок цього Т-тип вийшов з активного використання у багатьох регіонах.
- С-тип (Cytoplasmic). Відкритий пізніше, цей тип має вищу стійкість до захворювань порівняно з Т-типом, але рівень стерильності може бути менш надійним. Контролюється ядерним геном-відновником *Rf3*, який взаємодіє з цитоплазмою. На відміну від попереднього типу стерильності пилков рослин

залишається життєздатним, але квіткові луски залишаються закритими, що перешкоджає запиленню. Досліджено, що за посушливих та жарких умов луски частково відкриваються та відбувається запилення.

- S-тип (Sterile). Цей тип характеризується складною генетичною взаємодією між ядерними (*Rf4*, *Rf5*, *Rf6*) та цитоплазматичними генами. Він забезпечує стабільний рівень стерильності в різних кліматичних умовах та має менше ураження хворобами, що робить його привабливим для використання в селекційних програмах. Однак створення гібридів із цим типом потребує складнішої селекційної роботи (Xiao, et al., 2022).

Використання ЦЧС значно спростило виробництво гібридного насіння, оскільки потреба у ручному каструванні квіток була практично усунена. Це дозволило суттєво знизити витрати на виробництво насіння та підвищити якість отриманих гібридів. У СРСР і, зокрема, в Україні, дослідження ЦЧС активно проводилися в Інституті рослинництва імені В. Я. Юр'єва та інших селекційних центрах. Завдяки цьому створено низку гібридів, адаптованих до різних кліматичних умов, які проявляли високу врожайність і стійкість до захворювань (Капустян, 2021).

Відповідно до моделей, що з'явилися в цей період, гетерозис пояснюється комбінуванням домінантних та рецесивних генів у гібридах. Це забезпечує підвищення стійкості, росту та врожайності, оскільки в результаті схрещування генетичні комбінації можуть надавати нові властивості рослинам, які не проявляються у чистих гомозиготних батьківських лініях.

Гетерозис базується на взаємодії генів, що відбувається під час комбінації геномів двох різних батьківських форм. Основні механізми, що лежать в основі цього явища:

- домінування – переважання домінантних алелів над рецесивними, що дозволяє уникнути негативних впливів рецесивних мутацій. За даними досліджень М. Чейза та Г. Д. Міллера, цей механізм є основним для зниження прояву генетичних дефектів (Reddemann & Horn, 2018);

- наддомінування – тип генетичної взаємодії алелей, за якого гетерозиготний генотип перевищує обидві гомозиготні форми за рівнем прояву ознаки. Висновки про важливість наддомінування наведені в роботах Е. Льюїса (Liberatore, Liberatore, Jiang, Zamir, & Zachary, 2013);

- епістаз – тип взаємодії генів, коли один ген впливає на прояв іншого. Епістатичні ефекти докладно описані у роботах Ж. Ванг та співавторів (Wang, Ashley-Koch, Steffens, & Krish, 2012);

- компенсаторних комплексів – формування нових, більш ефективних комбінацій генів, коли ефекти або слабкість одних генів однієї батьківської форми компенсуються оптимальними алелями іншої. Цей механізм часто пов'язують із епістатичною комплементарністю, коли при схрещуванні поєднуються взаємодоповнюючі гени, що призводить до вищої продуктивності, ніж середня у батьків (Moll, Lindsey, & Robinson, 1964);

- генетичного балансу (або теорія коадаптованих генних комплексів) – збереження оптимальних внутрішньогеномних взаємодій, що склалися в популяціях. Гетерозис виникає, коли у гібрида порушуються негативні епістатичні зв'язки, характерні для інбредних батьківських ліній, або, навпаки, об'єднуються коадаптовані, збалансовані системи генів. Таким чином, гібрид відновлює оптимальну мережу генних взаємодій (Birchler, Yao, & Chudalayandi, 2006).

Гетерозис може проявлятися в різних формах, включаючи підвищення врожайності, поліпшення якості зерна, стійкість проти хвороб і несприятливих умов навколишнього середовища.

Дослідження вчених, таких як Джордж В. Хейнеман та інших, зазначено, що для досягнення максимального ефекту гетерозису важливо використовувати найкращі батьківські лінії з високим рівнем гомозиготності, оскільки це дає найбільший можливий ефект для нащадків. Завдяки цьому створено багато сортів гібридного походження, що стали основою для широкого використання в сільському господарстві, зокрема в кукурудзі, соняшнику, пшениці та інших культурах (Hoecker, Keller, & Muthreich, 2008).

У ХХ столітті науковці почали активно використовувати гібридизацію не тільки для підвищення врожайності, але й для досягнення таких характеристик, як стійкість до стресів, хвороб та несприятливих умов. Завдяки цьому вдалося створити рослини, які можуть ефективно рости навіть у менш сприятливих кліматичних умовах.

Після успіху з кукурудзою, технології гібридизації були адаптовані для інших сільськогосподарських культур. Одним із важливих кроків у розвитку гетерозисної селекції стало її застосування до рису, соняшнику, пшениці та інших важливих сільськогосподарських культур.

Перші спроби використання гетерозису в селекції соняшнику здійснені в першій половині ХХ століття. На той час соняшник уже став важливою олійною культурою в Російській імперії, Європі та Північній Америці. Основна проблема полягала в необхідності виключення самозапилення в рамках схем насінництва, і тому створення ефективної системи для контролю запилення було складним завданням.

У 1920-х роках радянські вчені, зокрема В. С. Пустовойт, почали активно досліджувати селекцію соняшнику. Було виявлено, що деякі лінії при схрещуванні дають гібриди з підвищеною врожайністю. Однак широке застосування гетерозису стало можливим лише після відкриття цитоплазматичної чоловічої стерильності (ЦЧС) (Мазур О. В., 2023).

Цитоплазматична чоловіча стерильність соняшнику відкрита у 1950-х роках і стала справжнім проривом у селекції соняшнику. ЦЧС є явищем, коли рослини не здатні виробляти функціональний пилок, що полегшує контроль за перехресним запиленням. Це відкриття дозволило розробити методику створення виробничих гібридів соняшнику на основі гетерозису.

Після відкриття ЦЧС у соняшнику почалася активна розробка сортів гібридного походження. У 1970-х роках у Радянському Союзі та США створені перші впроваджені у виробництво гібриди соняшнику, які проявили значно вищу врожайність і стійкість проти хвороб порівняно з традиційними сортами. Селекціонери використовували систему «стерильна лінія – підтримуюча лінія –

відновлювач фертильності», що забезпечувало ефективне виробництво гібридного насіння (Ракул, 2018).

У селекції соняшнику використання гетерозису дозволило значно покращити врожайність та стійкість проти хвороб, таких як фомопсис, а також підвищити стійкість до несприятливих кліматичних умов, наприклад, посухи. Спостереження за ефектами гетерозису виявили, що гібриди соняшнику можуть мати більш високу стійкість проти хвороб і шкідників, що зменшує потребу в хімічних обробках і підвищує екологічність виробництва. Гібриди соняшнику з високою гетерозиготністю також мають покращену якість насіння, зокрема вищий вміст олії, що робить їх більш вигідними для виробництва олії, порівняно з традиційними сортами (Лебедецько, 2020).

На початок ХХ століття вчені почали вивчати гібридизацію різних сортів рису, щоб отримати більш високоврожайні та стійкі проти хвороб рослини. Однак перші експерименти не дали значних результатів через обмежені технології і недостатнє розуміння генетики.

Дослідження впливу цитоплазми на чоловічу стерильність рису вперше опубліковано у 1954 році С. Сампатом і Г. Моханті. У 1965 К. Кацуо дослідив цитоплазматичні відмінності між сортами рису та вперше створили лінію з цитоплазматичною чоловічою стерильністю (ЦЧС) шляхом перенесення ядерного генотипу сорту Фуджисака 5. Проте ця ЦЧС-лінія не могла бути використана в селекції гібридного рису через її нестабільність, низьку продуктивність та чутливість до фотоперіоду (Carena, 2009) (Chen & Liu, 2016).

У 1964 році китайський учений Юань Лунпін, якого часто називають «батьком гібридного рису», зробив вирішальний прорив, відкривши новий тип чоловічої стерильності. Він висунув ідею використання гетерозису в рисі та ініціював перші дослідження гібридного рису в Китаї. У листопаді 1970 року на острові Хайнань серед рослин дикого рису (*Oryza rufipogon* Griff. L.) виявлено стерильну рослину з абортивним пилком, що отримала назву «дикий абортивний» (WA). Це відкриття стало ключовим моментом у розробці гібридного рису. Вже у 1972 році на основі WA створено перші ЦЧС-лінії, такі як Ерцзюнань 1А,

Чженьшань 97А і V20А. Наступного року селекціонерами відібрані перші відновлювальні лінії, серед яких Тайїнь 1, IR24 та IR661. У 1974 році створені перші гібриди, що проявили сильний гетерозис, такі як Нанью 2 та Нанью 3. Його робота отримала всесвітнє визнання і поклала початок широкомасштабній гібридній селекції рису в Китаї (Cao & Zhan, 2014).

Існують різні типи ЦЧС у рису, кожен з яких має свої особливості та генетичну основу.

Зокрема, WA-тип (дикий аборигенний тип) походить із диких видів рису в Західній Африці. Стерильність у цьому типі обумовлена специфічною взаємодією між цитоплазмою та ядерними генами. WA-тип є найбільш поширеним у світових селекційних програмах завдяки високій стабільності та наявності численних відновлювачів фертильності.

BT-тип (Бангладешський тип) виявлений у Бангладеш. BT-тип широко застосовується в селекційних програмах завдяки стабільній стерильності та наявності ефективних відновлювачів фертильності.

HL-тип (Хонглінський тип) виявлений у Китаї. Застосовується в окремих селекційних програмах, проте менш поширений порівняно з WA- та BT-типом (Chen & Liu, 2016).

В середині XX століття інтерес до гетерозисної селекції рису значно зріс. Міжнародні наукові організації, такі як Міжнародний інститут рису (IRRI), розпочали великомасштабні дослідження та впровадження гібридизації в селекцію рису. Вчені працювали над створенням нових сортів, які б були стійкими до екстремальних умов навколишнього середовища, таких як посухи, високі температури та засолення ґрунтів.

Перший впроваджений у виробництво гібрид рису, розроблений на основі ЦЧС системи, Nan-you 2, випущений у 1976 році. Він проявив підвищення врожайності на 20–30 % порівняно з традиційними сортами.

Після успіху ЦЧС системи китайські вчені продовжили дослідження і в 1980-х роках відкрили фотоперіодично-термочутливу чоловічу стерильність (ФТЧС). Цей тип стерильності залежить від умов довкілля (температури та довжини

світлового дня), що дозволяє створювати стерильні та фертильні рослини у межах однієї лінії без потреби у відновлювальних лініях.

У 1990-х роках у Китаї зареєстровано перші гібриди, створені на основі дволінійної системи:

- Rei-ai 64S – відома ФТЧС-лінія, яка використовувалася для створення численних високоврожайних гібридів.
- Liang-you 63, випущений у 1995 році, став одним із найуспішніших дволінійних гібридів.

Дволінійна (ФТЧС) система мала переваги перед трилінійною (ЦЧС), оскільки дозволяла уникнути необхідності використовувати відновлювальні лінії, що значно спрощувало селекційний процес (Haiya , Yuxia , & Gang, 2024).

У результаті гетерозисної селекції створені високоврожайні гібриди рису, які здатні забезпечити продовольчу безпеку в умовах зростання населення. Однак процес гетерозисної селекції також має свої проблеми. Однією з основних проблем є висока вартість виробництва гібридів, що обмежує їх використання в країнах з низьким рівнем розвитку сільського господарства (Li, Zhang, & Pan, 2024).

Інтерес до створення гібридних сортів ріпаку виник після повідомлень про відкриття цитоплазматичної чоловічої стерильності, які зробили Т. Шига та С. Баба у 1971 році, а також К. Томпсон у 1972 році. Подальші дослідження, проведені В. Шустером і Дж. Майклом у 1976 році, Т. Шигою у 1976 році, Дж. Морісом у 1978 році, М. Бусоном у 1980 році, С. Гуаном у 1980 році та Д. Хатчесоном із співавторами у 1981 році, виявили, що насіннева продуктивність гібридів F<sub>1</sub> ріпаку (*Brassica napus* L. і *Brassica campestris* L.) може перевищувати врожайність батьківських форм на 40–60% (Sernyk & Stefanson, 1983).

Одним із перших, хто звернув увагу на потенціал гібридної селекції буряку, був німецький учений Карл Корренс. На початку ХХ століття він запропонував використовувати ідею домінування певних ознак у потомстві для покращення рослин. Хоча його роботи переважно зосереджувалися на інших культурах, вони стали основою для майбутніх експериментів з буряком.

Особливий прорив у селекції цукрового буряку стався після відкриття явища цитоплазматичної чоловічої стерильності (ЦЧС) Ф. Оуеном у 1945 році, яке дало змогу уникати трудомісткого процесу ручної кастрації квіток і забезпечило більш ефективно виробництво насіння. Він виявив низьку частоту рослин із чоловічою стерильністю у сорті цукрових буряків US-1, стійкому до кучерявості. Відкриття цього явища дало можливість отримати перший виробничий гібрид цукрового буряку вже в 1955 році (Biancardi, McGrath, Panella, Lewellen, & Piergiorgio, 2010).

Ф. Оуен припустив, що стерильність залежить від взаємодії щонайменше двох рецесивних хромосомних генів та «стерильного цитоплазматичного фактора» (*S*). За його теорією, повністю чоловічо-стерильні рослини мають генотип (*S*)*xxzz*, тоді як решта восьми можливих генотипів [*(S)XXZZ*.....*(S)Xxzz*] зазвичай проявляють різний ступінь фертильності пилку. Як зазначав сам Ф. Оуен, спадковість може бути складнішою, ніж він припустив, і тому запропоновано кілька модифікацій початкової схеми. Однак згодом молекулярні маркери, тісно пов'язані з домінантними алелями *X* і *Z*, дозволили локалізувати ці два гени на хромосомах 3 і 4 відповідно (Hjerdin-Panagoroulos, Kraft, & Rading, 2002).

Для отримання потомства від чоловічо-стерильних (ЦЧС) рослин, необхідно проводити запилювання так званими підтримуючими рослинами (у термінології цукрових буряків їх називають О-типами). Ці рослини мають такі самі гени стерильності, як і чоловічо-стерильні рослини, але в нормальній цитоплазмі (*(N)xxzz*). Цей генотип зустрічається з низькою частотою (3–5%) у більшості популяцій цукрових буряків, але його можна визначити лише шляхом тестового схрещування потенційних рослин О-типу з ЦЧС-рослинами. Якщо все потомство від такого тестового схрещування є чоловічо-стерильним, то тестований запилювач належить до генотипу О-типу. Шляхом повторного самозапилення ідентифікованих рослин О-типу та подальшого багаторазового зворотного схрещування з лінією ЦЧС можна отримати інбредні лінії О-типу та їх еквівалентні інбредні лінії ЦЧС (Draycott, 2006).

У процесі створення диплоїдних та анізоплоїдних синтетичних сортів першого покоління метою було використання гетерозисного ефекту, який спостерігається

при схрещуванні певних неродинних генотипів. Проте відкриття цитоплазматичної чоловічої стерильності у цукрових буряках дозволило зробити це більш ефективно шляхом використання чоловічо-стерильних ліній у виробництві дволінійних гібридів. У результаті, починаючи з 1970-х років, гібриди замінили сорти синтетики практично у всіх країнах, які вирощують буряки.

У 1978 році при Всесоюзному науково-дослідному інституті цукрових буряків (ВНІЦ) створено Селекційний центр, в якому розробили Програму селекційних робіт, спрямовану на гетерозисну селекцію під керівництвом професора І.Я. Балкова. Програма передбачала використання комбінаційно-цінних ліній О-типу, аналогів із цитоплазматичною чоловічою стерильністю (ЧС), багатонасінних запилювачів і ЧС-гібридів. У межах цих робіт продовжено процес заміни однонасінних сортів популяцій гібридами-полігібридами, а згодом і гібридами на основі ЦМС, де також використовували багатонасінні запилювачі (Молоцький, Васильківський, & Князюк, 2006).

Перші згадки про вплив гетерозису у бавовнику з'явилися в наукових працях на початку ХХ століття. Основи досліджень заклали американські вчені, такі як Г. Шелл та Е. Істон, які у 1920-х роках вперше описали підвищення врожайності гібридів бавовнику при схрещуванні різних сортів. У ті часи гетерозис розглядався переважно як цікавий біологічний феномен, а не як інструмент для практичної селекції.

Перший комерційний гібрид бавовнику створений в Індії у Сураті доктором Ч. Т. Пателем (*H4 intra hirsutum*) у 1970 році. Доктор Патель, відомий як «батько гібридного бавовнику», розробив H4 шляхом схрещування сортів Gujarat-67 та американського безнектарного різновиду. Цей гібрид виявився надзвичайно успішним завдяки своїй високій врожайності та чудовій якості волокна, що зробило його популярним серед фермерів по всій Індії.

Станом на 1998 рік гібриди вже займали близько 45 % площ, засаджених бавовною, в Індії. Важливими етапами в історії індійського бавовнику стали розробка та випуск місцевих гібридів, таких як G cot DH 37, G cot DH 9, DDH 2 (Menon, 2011).

Експериментальні дані, що перші документують явище гетерозису у жита, опубліковані ще на початку ХХ століття Георгом Фрювіртом. Роботу з вивчення цитоплазматичної чоловічої стерильності у жита, створення лінійного матеріалу (чоловічостерильних форм, закріплювачів стерильності та відновників фертильності форм), було розпочато в Інституті рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН (на той час в Українському науково-дослідному інституті рослинництва, селекції і генетики ім. В. Я. Юр'єва) в 1963 році під керівництвом І. М. Полякова (Єгоров, Гухова, Циганко, & Єгорова, 2024). Згодом Гайгер і Шнелл в 1970 році також виявили джерело цитоплазматичної чоловічої стерильності (ЦЧС) і домінуючі відновники фертильності. В 1985 році Університет Хоенгайма випустив свої перші комерційні гібриди жита.

Приватні селекційні компанії підтримали ці ранні дослідження і незабаром створили власні програми, можливість створення яких з'явилася з відкриттям у жита джерел цитоплазматичної чоловічої стерильності (ЦЧС) R- і С-типу і вже в кінці 1980-х років компаніями KWS та Saaten-Union зареєстровані перші 3 гібриди жита від приватної селекції (Miedaner, Korzun, & Wilde, 2022). У результаті продуктивність гібридного жита значно зросла за 15 років та гібриди перевершували за врожайністю найкращі сортопопуляції приблизно на 20 %.

Наприкінці 1970-х – на початку 1980-х років селекція гібридного жита також розпочалася в Польщі, Швеції та Угорщині. І вже на момент 1997 року в Німеччині близько 60 % площ, зайнятих під житом, висівалися гібридами (Geiger & Miedaner, 1997).

Інститутом рослинництва ім. В. Я. Юр'єва у 1999 році створено та передано на Державне сортовипробування перший в Україні та країнах СНД гібрид жита озимого на основі цитоплазматичної чоловічої стерильності (ЦЧС) під назвою Первісток, який має потенційну врожайність 10 т/га. З 2002 року цей гібрид внесено до Реєстру сортів рослин України. З 2007 року до реєстру також додано гібрид жита озимого Юр'ївець, потенційна врожайність якого становить 10,5 т/га.

Сьогодні гібриди жита займають значну частку посівних площ у багатьох країнах Європи, забезпечуючи стабільну врожайність і високу якість зерна. Завдяки

підвищеній ферментативній активності, борошно з гібридного жита краще підходить для виготовлення традиційного житнього хліба з характерною пористою текстурою, а однорідність партій зерна дозволяє досягти високої однорідності борошна. Це полегшує контроль якості на всіх етапах виробництва (Єгоров, Гухова, Циганко, & Єгорова, 2024).

Інтерес до гібридного ячменю вперше пробудився після відкриття першого рецесивного ядерного гена чоловічої стерильності, яке здійснив К. Санесон в 1940 році. Після цього державні установи США провели серію досліджень з гетерозису та систем виробництва насіння, що призвело до розробки системи балансованої третинної трисомної гібридизації та створення перших гібридних сортів. Ці гібриди перевищували за врожайністю найкращі лінійні сорти на 15–20 % та вирощувалися в Аризоні на площі 12,000–20,000 га щороку. Однак після появи короткостеблових, стійких до вилягання лінійних сортів (з 1978 року) гібриди втратили свою перевагу у врожайності та зникли з ринку (Longin, et al., 2012).

Однією з проблем гібридного ячменю є можливість втрати одного з ключових ознак його одомашнення. У процесі первинної селекції ячменю природний механізм розсіювання зерен було втрачено. Мутація в одному з двох зчеплених генів, *btr1* або *btr2*, перетворює ламкий стрижень дикої форми на міцний, що забезпечує утримання зерен (Fernández-Calleja, et al., 2022). Усі культурні сорти ячменю несуть лише одну мутовану версію гена, чого достатньо для повного утримання зерен в колосі (разом із впливом кількох модифікаторних генів). Мутація *btr1* поширена в Європі та Центральній Азії, тоді як *btr2* зустрічається в Східній Азії та Північній Африці (Pourkheirandish, et al., 2015). Ця особливість не мала значення, коли селекційні програми були зосереджені на інбредних лініях, але набуває великої ваги з розвитком гібридного ячменю. Схрещування батьківських ліній, що мають різні мутації в генах *Btr*; може призвести до появи гібридів F<sub>1</sub> з ламким стрижнем, що спричинить проблеми з утриманням зерен та зниження врожайності (Fernández-Calleja, et al., 2022).

У 1979 році Г. Ахокас описала систему цитоплазматичної чоловічої стерильності (ЦЧС), яка включала надійний домінуючий ген-відновник

фертильності. Дослідження зосередилися на використанні цитоплазматичної чоловічої стерильності (ЦЧС) *msm1* та її ядерного гена-відновника *Rfm1a*. Окрім гена *Rfm1a*, пізніше знайдено ще 19 інших доміантних генів-відновників (*Rfm1b* - *Rfm1t*), кожен з яких знаходився у фертильній цитоплазмі ізраїльських штамів дикого ячменю. Гени *Rfm1a*, *Rfm1b*, *Rfm1c* і *Rfm1d* виявилися алельними (Ahokas, 2018). Незважаючи на цю розробку, державні установи не приділяли подальшої уваги створенню гібридних сортів ячменю протягом наступних десятиліть.

У 1994 році П. Барі, селекціонер компанії New Farm Crops, Ltd. (тепер Syngenta Seeds), розпочав розробку гібридного ячменю на основі ЦЧС. В 2002 році у Великій Британії зареєстровано перший гібрид Colossus. Відтоді Syngenta зареєструвала понад десяти гібридів ячменю, всі вони є озимими шестирядними сортами. На сьогоднішній день гібридний ячмінь вирощують більш ніж на 200,000 га.

Що стосується солодового ячменю, наразі використання сортів гібридного походження для цієї мети ускладнюється, оскільки врожай  $F_2$ -покоління використовується для виробництва, і сегрегація може впливати на якість солоду, хоча поки що немає детальних досліджень цієї проблеми (Longin, та ін., 2012).

## **1.2. Основні критерії добору батьківських форм для створення гібридів пшениці**

Концепція гетерозисних груп та гетерозисних патернів є фундаментальною основою селекції на гетерозис. Під гетерозисною групою розуміють сукупність споріднених або неспоріднених генотипів (інбредних ліній), що походять з однієї або різних популяцій і проявляють стабільно високу гібридну продуктивність при схрещуванні із будь-яким генотипом з іншої генетично дистанційованої гетерозисної групи (Melchinger & Gumber, 1998). Відповідно, гетерозисний патерн визначається як специфічна комбінація двох гетерозисних груп, міжгібридні потомства яких характеризуються максимальним рівнем гетерозису (Gupta, et al., 2019).

Генетично дивергентні гетерозисні групи зазвичай характеризуються низьким співвідношенням варіанс специфічної (СКЗ) та загальної (ЗКЗ) комбінаційної здатності (Reif, Hallauer, & Melchinger, Heterosis and heterotic patterns in maize, 2005) (Fischer, et al., 2008). Зниження співвідношення  $\sigma^2_{СКЗ}:\sigma^2_{ЗКЗ}$  в міжгрупових схрещуваннях, порівняно з внутрішньогруповими, свідчить про ефективність концепції гетерозисних патернів для ідентифікації перспективних гібридів. Експериментально доведено, що високий рівень загальної комбінаційної здатності (ЗКЗ) популяції сприяє підвищенню ефективності рекурентного відбору та спрощує прогнозування комбінаційної здатності гібридів (Reif, Gumpert, Fischer, & Melchinger, 2007).

Впровадження системи гетерозисних груп/патернів значно оптимізує та підвищує ефективність технологічного процесу створення гібридів. Найбільш повно ця концепція реалізована в селекції кукурудзи, де гетерозисні патерни були ідентифіковані на ранніх етапах, що забезпечило системний підхід до селекції. У кукурудзи їх використання обмежене через складну популяційну структуру генетичної плазми (Xia, et al., 2004). У рису також розроблялися методи формування гетерозисних груп. Зокрема, із застосуванням SSR-маркерів та поліпозиційних польових досліджень ідентифікували дві гетерозисні групи та чотири гетерозисні патерни в генплазмі *IRRI* для створення тропічних гібридів рису (Xie, Esguerra, Qiu, & Ramanathan, 2014).

Специфічний підхід до формування гетерозисних груп у автогамних культурах, зокрема в пшениці, запропоновано у рамках уніфікованої методики НуVFrame (Voeven, та ін., 2016), яка передбачає наступні етапи:

1. Відбір високопродуктивних ліній на основі індивідуальної продуктивності та її кореляції з ЗКЗ.
2. Відбір батьківських пар для схрещування з оптимальною здатністю до перехресного запилення.
3. Оцінка комбінаційної здатності ліній у діалельних схрещуваннях.
4. Формування чоловічого та жіночого пулів з ліній, що мають високі значення ЗКЗ.

5. Підвищення комбінаційної здатності шляхом реципрокної рекурентної селекції для дивергенції груп.

6. Інтрогресія нової генплазми з високою ЗКЗ для підтримання внутрішньогрупової мінливості.

У селекції пшениці проведено низку досліджень щодо виявлення гетерозисних патернів (Zhao, Zeng, Fernando, & Reif, 2013) (Zhao, Liu, & Maurer, 2015) (Voeven, та ін., 2016). У масштабному дослідженні (Zhao, Liu, & Maurer, 2015) на основі аналізу 1604 дволінійних гібридів від 135 елітних ліній пшениці Центральної Європи з використанням фенотипічних, метаболомних та геномних даних встановлено ряд висновків. Перше, що прогнози на основі адитивних ефектів перевищують за точністю прогнози на основі ефектів домінування. Комбінування метаболомних та геномних даних не підвищує точність прогнозу. Друге - врожайність зерна є ключовою ознакою для ідентифікації гетерозисних патернів.

Для пошуку гетерозисних патернів запропоновано трьох етапний підхід: створення матриці гібридної продуктивності на основі геномних прогнозів, виявлення перспективних патернів алгоритмом імітації відбору та оцінка їх довгострокової ефективності.

Доведено, що використання гетерозисних патернів дозволяє не лише реалізувати гетерозис, але й підвищити ефективність рекурентного відбору (Voeven, та ін., 2016).

Перспективність використання генплазми спельти (*T. aestivum ssp. spelta*) як окремої гетерозисної групи досліджувалася (Akel, et al., 2018). Актуальність цієї роботи зумовлена високим рівнем спорідненості між сортами пшениці Центральної Європи внаслідок інтенсивного обміну селекційним матеріалом (Nielsen, Backes, Stougaard, Andersen, & Jahoor, 2014) (Würschum, Voeven, Langer, Longin, & Leiser, 2015) (Voeven, et al., 2016), що обмежує можливості створення гетерозисних патернів. На противагу цьому, спельта характеризується значною генетичною різноманітністю (Bertin, Gregoire, Massart, & Froidmont, High level of genetic diversity among spelt germplasm revealed by microsatellite markers, 2004) (Würschum, Leiser, Weissmann, & Maurer, 2017) та чітко диференціюється від *T. aestivum* (Bertin,

Gregoire, Massart, & Froidmont, 2001) (Müller, et al., 2018). Однак польові дослідження в різних локаціях Німеччини за участю 43 ліній спельти, 14 ліній пшениці озимої та 273 міжвидових гібридів проявили незадовільні результати: гібриди пшениця-спельта мали нижчий рівень гетерозису за врожайністю порівняно з внутрішньовидовими гібридами пшениці, а також негативний гетерозис за якістю зерна. Отже, генплазма спельти визнана неперспективною для використання в якості окремої гетерозисної групи.

Для успішного створення гібридів пшениці необхідно, щоб як чоловічі, так і жіночі батьківські рослини мали морфологічні та біологічні характеристики, що сприяють ефективному перехресному запиленню. При цьому вимоги до чоловічих і жіночих характеристик квітки суттєво відрізняються.

Одним із ключових факторів є наявність відкритих квіток у колоску, які забезпечують максимальну експозицію репродуктивних органів. Для цього ідеальними характеристиками є великі лодикули та квіткові луски (рис. 1.1), а також широко розташовані квітки на довгому колосі (Murai, Takumi S, Koga, & Ogiyama, 2002). Однією з важливих морфологічних особливостей є довгі, добре розвинені приймочки, що повністю виходять із квітки і залишаються сприйнятливими до пилку протягом тривалого часу. Така будова дозволяє квіткам повністю розкриватися, створюючи оптимальні умови для потрапляння пилку на приймочки. Крім того, подовжений період сприйнятливості приймочок сприяє збільшенню ефективності запилення навіть за умов низької концентрації пилку в повітрі (Longin, та ін., 2012) (Whitford, Fleury, Reif, & Garcia, 2013).

Висота рослин має значення з точки зору гетерозису, оскільки це перша ознака, на якій спостережено та описано домінування гібридів першого покоління в пшениці ще у 1919 році (Singh, Chatrath, & Misra, Perspective of hybrid wheat research: a review, 2010). Важливо ідентифікувати напівкарликові батьківські лінії, які поєднують оптимальну висоту з високою здатністю до запилення (Garst, et al., 2023).

Важливими характеристиками чоловічих рослин, що сприяють перехресному запиленню та ефективному утворенню насіння, є здатність до активного

розсіювання пилку за допомогою довгих, добре екструзійованих пиляків, які містять велику кількість життєздатного пилку з високою тривалістю фертильності (Longin, Mi, Melchinger, Reif, & Würschum, 2014) (Whitford, Fleury, Reif, & Garcia, 2013) (Langer, Longin, & Würschum, 2014) (Hanafi, et al., 2022). Серед усіх ознак, що визначають якість пилкоутворення, екструзія пиляків є ключовою, оскільки її легко оцінювати в польових умовах. Дослідженнями встановлено, що ця ознака має середньо-високий рівень спадковості (0,62–0,87), що вказує на можливість її покращення шляхом селекції (Langer, Longin, & Würschum, 2014) (Boeven, et al., 2016) (Sade, et al., 2022). Висока продуктивність пилкоутворення підвищує ймовірність успішного запліднення жіночих рослин навіть у складних погодних умовах.

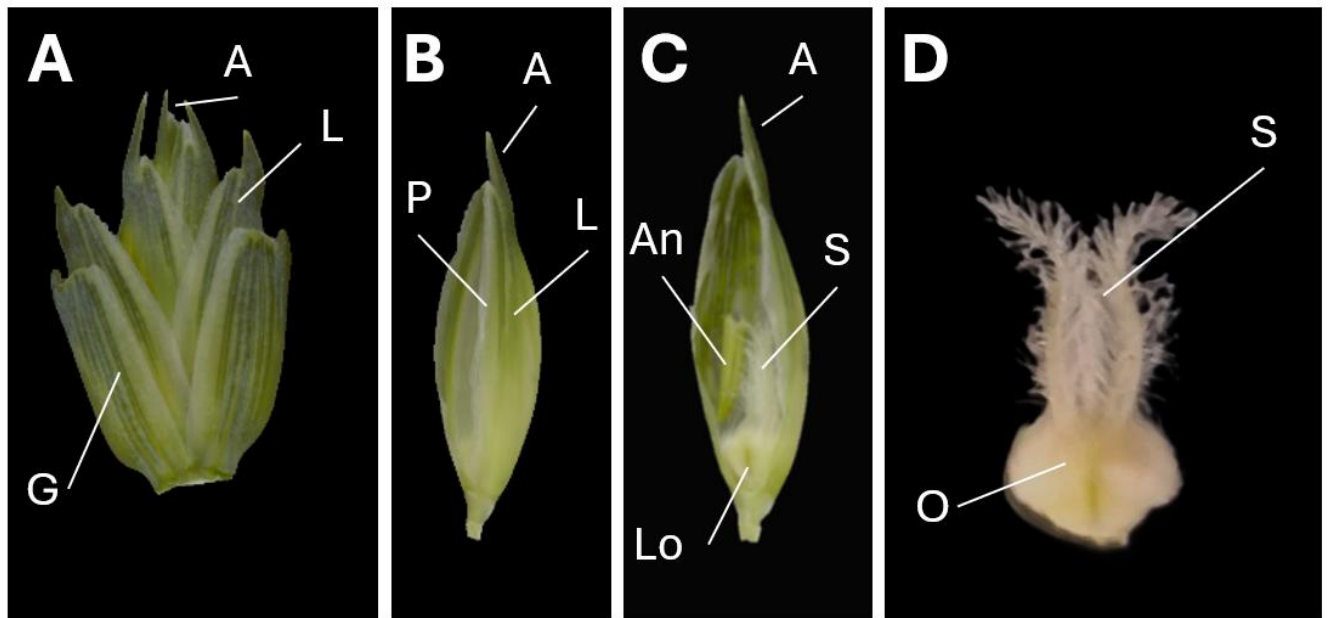


Рисунок 1.1 – Структура квітки та колоса пшениці. (A) Колосок пшениці; (B) квітка; (C) квіткові луски та репродуктивні органи; (D) лодикула та жіночі репродуктивні органи. Позначення: A – остюк; An – пиляк; G – колоскова луска; L – зовнішня квіткова луска; Lo – лодикула; O – зав’язь; P – внутрішня квіткова луска; S – приймочка.

*Джерело: фото автора.*

Іншим ключовим фактором у селекції гібридної пшениці є синхронізація цвітіння чоловічих і жіночих рослин для максимального рівня запилення (Longin, Mi, Melchinger, Reif, & Würschum, 2014) (Whitford, Fleury, Reif, & Garcia, 2013)

(Langer, Longin, & Würschum, 2014) (Hanafi, et al., 2022). Ідеальним вважається період, коли жіночі рослини починають цвісти на 1–2 дні раніше за чоловічі, що збігається з піком викиду пилку (Garst, et al., 2023). Приймочки залишаються сприйнятливими до пилку впродовж 4–13 діб, а подовжений період запилення сприяє ефективнішому утворенню насіння. Один зі способів подовження пилкоутворення у чоловічих рослин – стимуляція кущення шляхом регулювання густоти посівів (Schmidt, Hinterberger, Philipp, Reif, & Schnurbusch, 2024).

Таким чином, детальне розуміння механізмів цвітіння пшениці має критичне значення для успішного виробництва гібридного насіння. Ці знання дозволяють розробляти ефективні стратегії селекції, спрямовані на покращення врожайності та стабільності гібридів.

У виробничій практиці часто використовується зменшена норма висіву (0,5-3 млн шт/га) гібридних генотипів, що обумовлено високою вартістю насіння. Даний аспект необхідно враховувати на етапі селекційної роботи по добору батьківських пар. Батьківські компоненти та гібриди повинні компенсувати ефекти меншої початкової густоти рослин за рахунок вищої здатності до формування продуктивних пагонів (Scapino & Blandino, 2025). Це явище може бути пояснене по-перше, більшою життєвою силою гібридних генотипів як наслідком прояву гетерозису (Preiti, Calvi, Romeo, Badagliacca, & Vacchi, 2021), та по-друге, меншою конкуренцією між сусідніми рослинами за простір та поживні речовини (Scapino & Blandino, 2025). Кількість продуктивних пагонів є найбільш мінливим компонентом врожайності в озимих зернових культур серед різних генотипів та середовищ з чітко виділеною вищою пластичністю гібридних генотипів (Sadras & Slafer, 2012) (Slafer, Savin, & Sadras, 2014) (Scapino & Blandino, 2025) (Basnet, et al., 2022).

### **1.3. Системи гібридизації та технології отримання гібридного насіння пшениці**

Ефективне створення та впровадження гібридів пшениці м'якої озимої у виробництво неможливе без чітко сформованої та науково обґрунтованої системи отримання гібридного насіння. Така система має враховувати як біологічні

особливості культури, так і технологічні аспекти насінництва, що забезпечують збереження гібридності, чистоту ліній та високу якість насіннєвого матеріалу. На даний час у виробництві використовують дві системи отримання гібридного насіння пшениці:

- на стерильній основі – використання чоловічої стерильності;
- на фертильній основі – використання гаметоцидної (хімічної) кастрації (СНА) під час схрещуванні батьківських компонентів.

Обидві системи мають свої переваги та недоліки (Whitford, Fleury, Reif, & Garcia, 2013).

Рівень гетерозису в гібридів пшениці становить приблизно 10 %. Не виявлено значущої різниці в рівнях гетерозису між гібридами створеними на основі цитоплазматичної чоловічої стерильності і тими, що отримані за допомогою хімічних засобів кастрації. Проте, створення гібридів на основі ЦЧС вимагає значно більше часу (Adugna, Singh K, Nanda, & Bains, 2004).

Виробництво гібридного насіння на стерильній основі у самозапилюючих культур передбачає створення системи, яка запобігає природному самозапиленню материнської форми, одночасно сприяючи її запиленню пилком батьківського компоненту (Whitford, Fleury, Reif, & Garcia, 2013). На даний час досліджено і мають перспективи використання 5 типів (систем) чоловічої стерильності пшениці:

- цитоплазматична чоловіча стерильність;
- фоточутлива цитоплазматична чоловіча стерильність (PCMS);
- термочутлива рецесивна чоловіча стерильність (TGMS);
- ядерна чоловіча стерильність (GMS);
- система XYZ-4E-ms у хромосомній чоловічій стерильності (ChMS).

**Цитоплазматична чоловіча стерильність.** Впровадження системи ЦЧС передбачає введення генів стерильності цитоплазми та генів відновлювачів фертильності пилку в цільові генотипи (Würschum, Leiser, Weissmann, & Maurer, 2017).

В даний час відомо понад 70 різних цитоплазм, які викликають чоловічу цитоплазматичну стерильність в пшениці (табл. 1.1) (Singh, Srivastava, & Kumar,

2015). Система з використанням цитоплазми *T. timopheevii* вважається найкращою для виробництва гібридного насіння пшениці. Її використовують також в селекції гібридів тритикале. Однак, відновлення фертильності в ліній з цитоплазмою *T. timopheevii* часто буває частковим, тому для вирішення цього питання використовують комбінування двох і більше ядерних генів відновлення фертильності (*Rf*). Це можливо виконати завдяки використанню асоційованих молекулярних маркерів (Zhou, Frederic, Leslie, & Wang, 2005).

Таблиця 1.1 – Типи чоловічої цитоплазматичної стерильності пшениці

Тип цитоплазми	Джерела стерильності	Посилання
T-type	<i>T. timopheevi</i>	(Wilson & Ross, 1962)
K-type	<i>Ae. kotschyii</i> Boiss	(Mukai & Tsunewaki, 1979)
V-type	<i>Ae. variabilis</i>	(Lucken, 1987)
D2-type	<i>Ae. crassa</i>	(Mukai & Tsunewaki, 1979)
Nian type	<i>A. kotschyii</i> , <i>A. variabilis</i> , <i>A. ventricoca</i> , and <i>A. bicornis</i>	(Niu, Gang, Liu, Wang, & Li, 2003)
YA-type	<i>Triticum aestivum</i> var. CA805	(Liu, et al., 2006)
msH1	<i>Hordeum chilense</i>	(Martin, Atienza, Ramirez, Barro, & Martín, 2008)

Для системи ЦЧС ідентифіковано вісім генів відновлення фертильності пилку пшениці (*Rf1–Rf8*), які розташовані на хромосомах: 1A, 7D, 1B, 6B, 6D, 5D, 7B і 2D (Castillo, Atienza, & Martin, 2014). П'ять із цих генів, а саме *Rf1*, *Rf2*, *Rf4*, *Rf5* і *Rf7* походять від *T. Timopheevii*. (Ma & Sorrells, 1995). Ген *Rf3* виявлений у *T. spelta* var. *duhamelianum* (Tsunewaki, 2015), а *Rf6* і *Rf8* – в *T. aestivum* (Ma & Sorrells, 1995) (табл. 1.2).

На додаток до восьми генів відновлення фертильності виявлено ген під назвою *Rf<sub>multi</sub>*. Досліджено, що чоловіча стерильність, викликана цитоплазмами від видів *Ae. kotschyii*, *Ae. mutica* і *Ae. uniaristata*, проявлялася лише в тих пшениць, які не мають плеча 1BS, як у випадку пшеничних сортів із транслокацією 1BL/1RS. Відсутність плеча 1BS є характерною для пшениць з такою транслокацією (Tsunewaki, 2015). Виявлення гена *Rf<sub>multi</sub>* вказує на його роль у відновленні фертильності у пшеничних ліній з певними цитоплазмами та генетичними конфігураціями (Lukaszewski, 2017).

Іноді навіть ген *Rf3* не здатний відновити фертильність стерильних ліній, які містять цитоплазму одного з трьох видів *Aegilops*, вказаних вище (Geyer, Bund, Albrecht, Hartl, & Mohler, 2016). Це вказує на те, що 1BS містить ген відновлення фертильності, який ефективний проти різних цитоплазм. Тому його назвали *Rf<sub>multi</sub>*. Цей ген визначений у сегменті 2,9 сМ на 1BS за допомогою кількох рекомбінантних ліній 1BS/1RS (Tsunewaki, 2015).

Таблиця 1.2 – Гени відновлення фертильності пилку пшениці

Гени відновлення фертильності пилку	Хромосома	Стерильна цитоплазма	Генетичний маркер	Відстань <i>Rf</i> гену від маркеру	Посилання
<i>D2Rf1</i>	1BS	<i>Ae. crassa</i>	E09-SCAR 865-1	9,5 сМ	(Li, Liu, Hou, Liu, & Liu, 2005)
<i>Rf<sub>multi</sub></i>	1BS	<i>Ae. kotschyi</i> , <i>Ae. mutica</i> , <i>Ae. uniaristata</i>	S-6/Xucr-5	2,9 сМ	(Tsunewaki, 2015)
<i>Rf1</i>	1A	<i>T. timopheevi</i>	AX-94682405, AX-94501544	–	(Geyer, Albrecht, Hartl, & Mohlar, 2018)
<i>Rf3</i>	1BS	<i>T. timopheevi</i>	S10067637, S100069923, S3045222	3,0 сМ	(Würschum, Leiser, Weissmann, & Maurer, 2017)
<i>Rf4</i>	6BS	<i>T. timopheevi</i>	Xksug48	–	(Ma & Sorrells, 1995)
<i>Rf8</i>	2DS	<i>T. timopheevi</i>	Xwmc503, Xgwm2962, Xwmc112	3,3–6.7 сМ	(Sinha, Tomar, Vinod Singh, & Balyan, 2013)

Загальною рисою всіх генів відновлення фертильності є те, що кожен з них кодує білок, який містить спільний дегенеративний мотив, відомий як повторення пентатрицепептиду (PPR) (Whitford, Fleury, Reif, & Garcia, 2013).

Програму виробництва гібридного насіння пшениці на основі ЦЧС називають трилінійною А-В-R системою. Вона базується на створенні трьох типів самозапильних ліній (рис. 1.2):

1. лінія А (стерильний аналог) – це чоловічостерильна лінія, яка виконує роль жіночого компонента гібрида;
2. лінія В (закріплювач стерильності) – генетично подібна лінія до лінії А. Відрізняється лише фертильною цитоплазмою за рахунок чого рослини утворюють

фертильний пилок. При схрещуванні зі стерильним аналогом потомки  $F_1$  є стерильними (Whitford, Fleury, Reif, & Garcia, 2013) (Würschum, Leiser, Weissmann, & Maurer, 2017);

3. лінія R (відновлювач фертильності) – це чоловічий батьківський компонент здатний відновлювати фертильність пилку в рослин  $F_1$  за рахунок наявності в генотипі генів відновлення фертильності  $Rf$ .

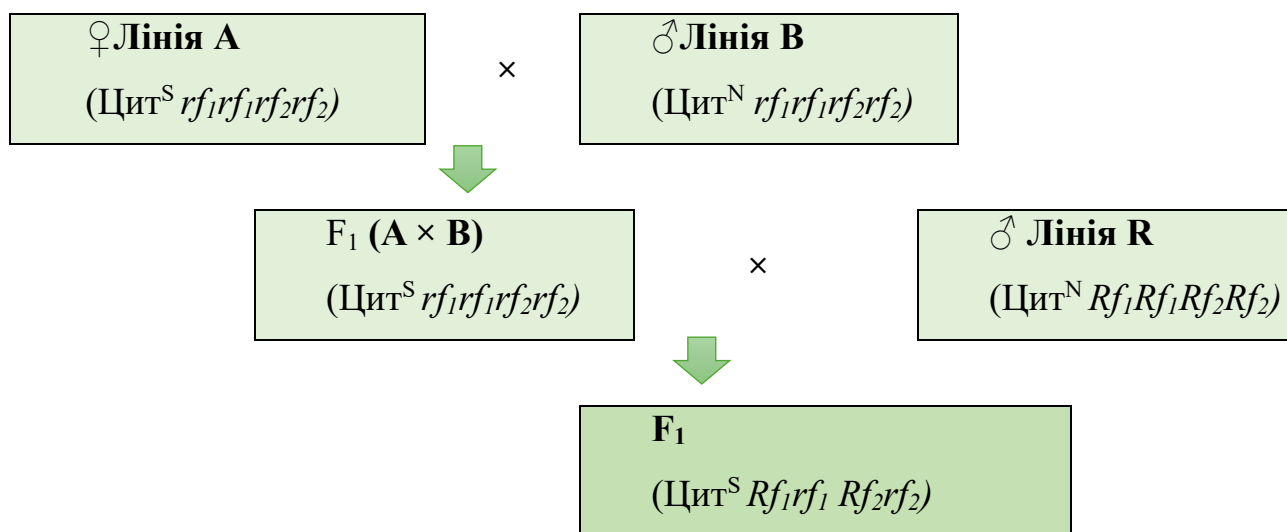


Рисунок 1.2 – Схема отримання гібридів пшениці з використанням ЦЧС

СІММУТ (Міжнародний центр покращення кукурудзи та пшениці), спільно з Syngenta, проводять дослідження гібридів, створених з використанням стерильної цитоплазми *T. timopheevii*. Створені лінії відновників фертильності містять від 2 до 4 генів  $Rf$ , ідентифікованих за допомогою зв'язаних молекулярних маркерів, що належать Syngenta. Деякі лінії відновлюють фертильність  $F_1$  на 100 % в різних кліматичних умовах, включаючи Мексику та Індію (Zhao, Zeng, Fernando, & Reif, 2013). Це свідчить про потенціал використання ЦЧС на основі цитоплазми *T. timopheevii* для виробництва економічно вигідного та високоякісного гібридного насіння (Adugna, Singh K, Nanda, & Vains, 2004).

П. Вілсон запропонував стратегію «бленд-гібридів» для низьковитратного виробництва гібридного насіння пшениці. Відповідно до цієї стратегії, гібридне насіння є фізичною сумішшю насіння, отриманого з поля з невеликою часткою батьківської чоловічої форми (5–20 %) та переважаючою часткою

чоловічостерильних материнських форм (80–95 %), оскільки такої невеликої частки чоловічого компонента достатньо для забезпечення запилення великої популяції материнських форм. На такому гібридному посіві, засіяному сумішшю, пилок необхідно переносити на відносно невеликі відстані (Wilson P. , 1997).

Дослідження П. Вілсона виявило, що виробництво насіння за схемою змішаного посіву у співвідношенні чоловічого та жіночого компонентів 20:80 забезпечувало достовірно вищі показники порівняно зі схемою смугового висіву 50:50. При цьому подальше збільшення частки чоловічого компонента з 20 % до 35 % або 50 % не призводило до підвищення ефективності виробництва насіння. Аналогічні результати отримали (Koeckemoer, Van Eeden, & Vonjean, 2011), які повідомили про середнє підвищення продуктивності на 46–76 % у системі змішаного посіву порівняно зі смуговим розміщенням компонентів у співвідношеннях від 20:80 до 50:50.

Отримані дані свідчать про критичну важливість оптимізації співвідношення батьківських компонентів для максимізації виходу гібридного насіння за мінімальних витрат. Важливим аспектом реалізації даної системи є необхідність ідеальної синхронізації фенології цвітіння батьківських форм. Оптимальною вважається схема, коли материнська форма зацвітає на 2–3 дні раніше від батьківської. Крім того, батьківська форма повинна характеризуватися високою пилкоутворюючою здатністю, а материнська - ефективною здатністю до рецесії пилку.

Незважаючи на те, що концепція «бленд-гібридів» запропонована ще наприкінці 1990-х років, на сьогодні не зареєстровано жодного сорту-бленду. Проте у штаті Небраска (США) технологія сортових сумішей знаходить практичне застосування – у 2016 році під посівами пшеничних блендів знаходилось 2,4 % від загальної площі (Baenziger, Rose, Santra, & Xu, 2017).

Основною перешкодою для впровадження цієї технології є суворі регламентуючі вимоги системи сертифікації насіння у більшості країн. Згідно з чинними нормативами, частка чоловічого компонента в насінневій суміші не повинна перевищувати 20 %. Вирішенням цієї проблеми може стати зниження

частки чоловічого компонента до 10 % або менше (Gupta, et al., Hybrid wheat: past, present and future, 2019).

Для отримання генетично чистого насіння в системі бленд-виробництва пропонується використовувати батьківські компоненти з різним профілем висоти – чоловічі форми повинні перевищувати за висотою материнські. Після завершення фази цвітіння високорослі чоловічі рослини можуть бути механічно видалені з посіву (рис. 1.3). Такий підхід забезпечить мінімальну домішку насіння батьківського компонента в кінцевому продукті (Gupta, et al., 2019).

Реалізація програми бленд-гібридів у пшениці може вимагати ретельного відбору генів карликовості *Rht* для виробництва гібридного насіння (Würschum, Leiser, Weissmann, & Maurer, 2017). Дослідження виявили, що хоча обидва локуси *Rht1* та *Rht24* зменшують висоту рослин, але *Rht1* також знижує екструзію пиляків та здатність до перехресного запилення, тоді як *Rht24* не має таких негативних впливів. Це свідчить про те, що різні гени *Rht* можуть бути використані в материнському чи батьківському пулі гібридної селекційної програми для забезпечення ефективного зав'язування насіння. Інтрогресія бажаних генів, таких як *Rht24*, може бути полегшена за допомогою маркер-асоційованого відбору (MAS). Така цілеспрямована селекція за генами карликовості може значно підвищити ефективність технології бленд-гібридів (Gupta, et al., 2019).

Технологія бленд-гібридів також дозволяє усунути витрати, пов'язані з транспортуванням великих обсягів гібридного насіння на далекі відстані. У рамках цього підходу селекційна установа або насіннева компанія може постачати батьківську суміш насіння місцевим виробникам насіння, включаючи невеликі насінневі компанії та фермерські господарства. Ці виробники здатні організувати виробництво гібридного насіння безпосередньо у своєму регіоні шляхом застосування спрощеної методики бленд-гібридного виробництва з подальшим використанням або реалізацією отриманого насіння, що значно знижує логістичні витрати. Зміна регуляторної політики з дозволом використання бленд-гібридів безперечно стимулює дослідників та установи (як державні, так і приватні) до

залучення додаткових ресурсів та інвестицій у розвиток гібридної пшениці (Gupta, et al., 2019).

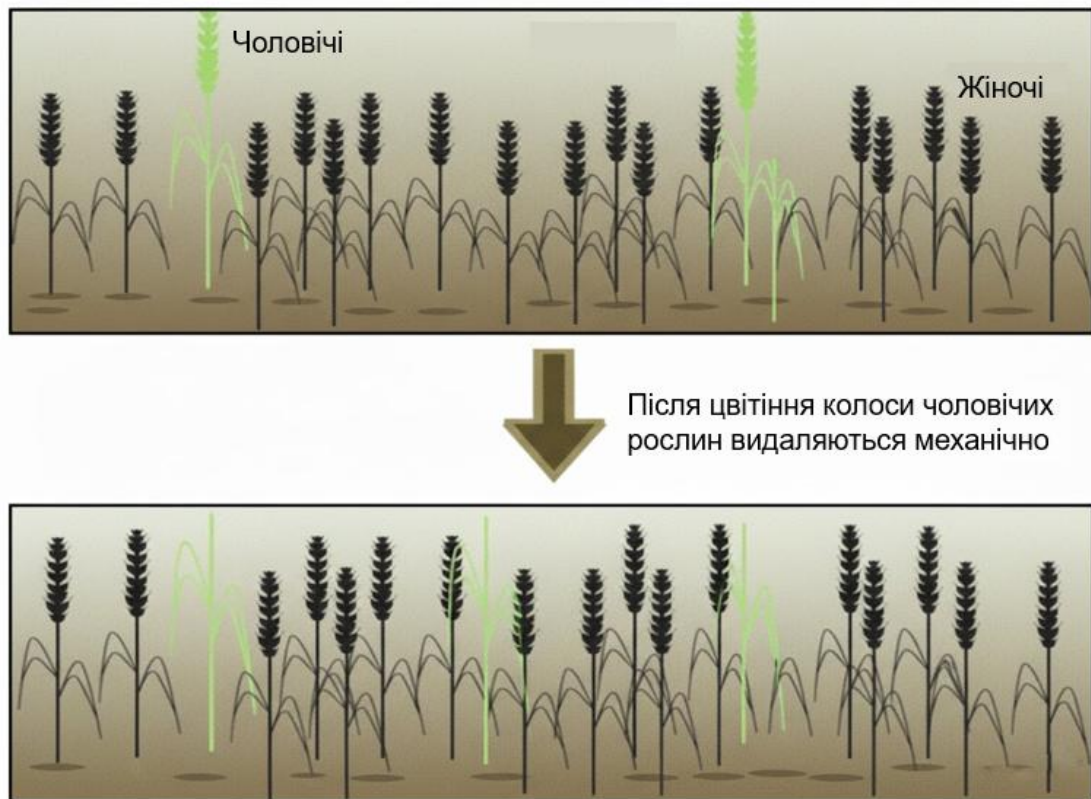


Рисунок. 1.3 – Схема blend-посіву з послідуєчим видаленням батьківського компонента

**Система фоточутливої цитоплазматичної чоловічої стерильності (PCMS).** Цитоплазма *Ae. crassa* чутлива до тривалого фотоперіоду ( $\geq 15$  годин), що викликає чоловічу стерильність, тому її вважають перспективною для програм зі створення гібридної пшениці (Murai, 2002). У цій системі генотип, який має бути використаний як материнський компонент, буде фертильним за умов короткого світлового дня, тобто 14,5 годин і менше, але чоловічостерильним за умов тривалого дня. Таким чином, материнську лінію підтримують шляхом самозапилення за умов короткого дня, а гібридне насіння створюють за умов тривалого дня за допомогою відповідного відновлювача (Murai, Ohta, Kurushima, & Ishikawa, 2016). Система PCMS базується на двох видах систем відновлення фертильності, одна з яких включає ряд *Rf* генів, а інша контролюється одним

домінантним геном відновлення фертильності (*Rfd1*). Дана система використана в Китаї при створенні гібриду пшениці Spring (Changping, 2013).

**Термочутлива рецесивна чоловіча стерильність (TGMS).** Деякі сорти пшениці містять гени, що викликають стерильність пилку за умов зниженої температури (Sun, Zhang, & Bonjean, 2001). Спонтанний мутант TGMS BS20-T виявлений у сорті пшениці BS20 в Китаї. Лінія TGMS (B20-T) повністю стерильна за температури <10 °C і абсолютно фертильна при >13 °C. TGMS контролюється рецесивним геном *tmsBS20T*, розташованим на хромосомі 2BL між SSR локусами Xgwm403 і Xgwm374 на генетичних відстанях 2,2 і 4,5 сМ, відповідно. Окрім цього, у лінії 337S ідентифікований рецесивний ген TGMS *wtms1* на хромосомі 2BL. Цей ген розташований в інтервалі 11,3 сМ від маркера SSR Xgwm374 і пов'язаний з маркером AFLP E:AAG/M:CTA163. На даний час відсутні відомості про успішне використання TGMS у селекції гібридів пшениці (Gupta, et al., 2019).

**Ядерна чоловіча стерильність (GMS).** Відомо п'ять ядерних генів чоловічої стерильності пшениці: *ms1* (4BS), *Ms2* (4DS), *Ms3* (5AS), *Ms4* (4DS), *ms5* (3AL) і 6 алельних мутантів гена *ms1* (Singh, Srivastava, & Kumar, 2015). Збереження чоловічостерильної материнської форми здійснюють через гетерозиготну чоловічофертильну популяцію. Однак це не бажано, оскільки материнський компонент у насінницьких посівах не повинен розділятися за фертильністю. Проблема ускладнюється тим, що ручне видалення фертильних колосів із популяції є нерентабельним і неприйнятним для виробництва гібридного насіння (Whitford, Fleury, Reif, & Garcia, 2013).

*Ms2* – це спонтанна мутація виявлена в лінії пшениці 233 в окрузі Taigu в Китаї (Li, Liu, Hou, Liu, & Liu, 2005). Лінії пшениці, що містять ген *Ms2*, на 100 % чоловічостерильні і називаються Taigu. Ген *Ms2* в минулому використовували для добору під час традиційних програм селекції пшениці в Китаї. (Ni, Qi, & Hao, 2017). Потенційне використання *Ms2* для виробництва гібридного насіння включаючи наступні етапи:

1. створення бажаної лінії пшениці з введення двох зчеплених генів (*Ms2* і гена забарвлення алейронового шару), що призведе до отримання чоловічостерильної лінії (A) із пігментованими зернами;

2. розмноження лінії A у популяції із немодифікованою оригінальною батьківською лінією. Отримане насіння піддають оптичному сортуванню для відокремлення пігментованого насіння (50 % чоловічостерильних та 50 % фертильних);

3. потомство з пігментованим насінням використовують як чоловічостерильний материнський компонент і схрещують з батьківським компонентом. Насіння  $F_1$  піддають оптичному сортуванню, щоб пігментоване насіння (чоловічостерильне) використовувати в насінництві, а звичайне насіння  $F_1$  (непігментоване) використовувати для вирощування гібридної пшениці (Ni, Qi, & Hao, 2017).

**Система XYZ-4E-ms у хромосомній чоловічій стерильності (ChMS)** передбачає використання ліній з чужорідною хромосомою 4E від *Agropyron elongatum*, яка містить доміантний алель *Ms1*. Наявність доміантного алеля *Ms1* у хромосомі 4E пригнічує дію рецесивного алеля *ms1* розташованого у хромосомі 4BS і запобігає чоловічій стерильності. У системі XYZ-4E ця конфігурація гарантує, що лінії X і Y є фертильними через присутність *Ms1*, тоді як лінія Z є чоловічостерильною (*ms1/ms1*), оскільки в ній відсутня чужорідна хромосома 4E.

Розмноження чоловічостерильної лінії на основі системи XYZ-4E-ms включає три типи самозапильних ліній:

- лінія X – гомозигота за доміантним геном чоловічої стерильності, розташованим у хромосомі 4BS. Він містить дві дози доміантного алеля *Ms1* чужорідної хромосоми 4E (*Ms1/Ms1*);
- лінія Y – гомозигота за рецесивним геном чоловічої стерильності (*ms1ms1*) у хромосомі 4BS. Містить одну дозу доміантного алеля *Ms1* (*Ms1/-*);
- лінія Z – гомозигота за рецесивним алелем чоловічої стерильності (*ms1ms1*) у хромосомі 4BS. Містить 0 доз (*-/-*) чужорідної хромосоми 4E, яка є доповненням до нормального комплекменту (Zhou, Wang, Feng, Liu, & Wang, 2006).

Насіння, що є моносомним за 4E (*Ms1*) (лінія Y), ідентифікують за світло-блакитним кольором алейронового шару зернівки (ген *Ba*) і знову використовують (самозапилення) для виробництва чоловічої стерильної лінії Z. Дисомне насіння (X лінія) ідентифікують за темно-синім кольором алейронового шару зернівки і вибраковують. Чужорідна хромосома 4E не завжди передається наступному поколінню при самозапиленні рослин. Тому, моносомного чоловічостерильного потомства з білим насінням отримують (лінія Z) лише 64 % і його використовують як чоловічостерильну материнську лінію при виробництві гібридного насіння. Ця система дозволяє контролювати розмноження чоловічостерильної лінії (Z) для використання в якості материнського компоненту при виробництві гібридного насіння.

Батьківський компонент, не пов'язаний із системою XYZ, може бути будь-яким сортом пшениці. Система XYZ-4E-ms забезпечує метод ефективного створення генетично чистої лінії з чоловічою стерильністю, вирішуючи проблеми, пов'язані з традиційними системами генетичної чоловічої стерильності (Longin & Zhang, 2016).

**Використання гаметоцидної (хімічної) кастрації (СНА).** Чоловічу стерильність у пшениці можна викликати за допомогою **хімічних засобів гібридизації** (Hawkes, та ін., 2011). Материнські рослини обробляють спеціальними препаратами – гаметоцидами (табл. 1.3), зазвичай за допомогою розпилення. Виробництво великої кількості гібридного насіння стає відносно простим за умови відповідності гаметоциду вимогам до препаратів хімічної кастрації (повної чоловічої стерильності та ін. (рис. 1.4) і якщо батьківські рослини утворюють достатню кількість пилку. Це більш швидкий та практичний спосіб виробництва гібридного насіння пшениці порівняно з системою на стерильній основі, яка є більш складною і тривалою (MO (US) Patent No. WO/2007/047016, 2007).

Гаметоцид RH-007 використовували для виробництва гібридного насіння в США та Європі. Він викликає стерильність лише окремих генотипів, а його застосування обмежене фазою розвитку пшениці (BVCH-37). Висока чутливість до

опадів після обробки та залишки препарату в насінні  $F_1$  у випадку підвищення рекомендованої дози стали причиною визнання його як високоризикованого (Mizelle, Sethi, Ashton, & Jensen, 1989).

Таблиця 1.3 – Гаметоциди, що використовують для виробництва гібридного насіння пшениці

Гаметоциди	Посилання
Етафон (Етрел)	(Rowell & Miller, 1971)
Гіберелін	(Porter & Wiese, 1961)
RH531 та RH532	(Jan, Qualset, & Voght, 1976)
RH-0007 (Хайбрекс)	(Mizelle, Sethi, Ashton, & Jensen, 1989)
SC2053 (Орсан)	(Wong, Blouet, & Guckert, 1995)
WL 84811	(Whitford, Fleury, Reif, & Garcia, 2013)
Genesis™ (Клофісент), Croiser® 100 (Синтофен)	(Whitford, Fleury, Reif, & Garcia, 2013)

Гаметоцид WL84811 використовували в Європі, США, Південній Африці, Китаї, Австралії та Новій Зеландії. Застосування припинено через виявлення токсичних залишків у насінні  $F_1$ , вирощеному на оброблених рослинах (Hawkes, et al., 2011).



Рисунок 1.4 – Вимоги до препаратів хімічної кастрації пшениці

Гаметоцид Genesis® використовували у виробництві гібридного насіння в США та Європі до 2007 року (Parodi & Gaju, 2009).

Регулятор росту рослин Croisor®100 – єдиний засіб хімічної кастрації, який використовують в Європі для виробництва гібридної пшениці (Gupta, et al., 2019).

Перевагою створення гібридів на основі хімічних засобів гібридизації є можливість безпосереднього використання самозапильних ліній існуючого селекційного генофонду. Однак обмежена кількість фертильного пилку, яку утворюють батьківські рослини та відносно короткий термін цвітіння обох батьківських компонентів ускладнюють процес отримання гібридних комбінацій (Longin & Zhang, 2016). Переваги створення гібридів на стерильній основі пов'язують із фітотоксичністю США, виявленою в жіночих репродуктивних органах, що в свою чергу знижує врожайність материнського компоненту та якість насіння F<sub>1</sub> (Adugna, Singh K, Nanda, & Bains, 2004).

Щодо використання гаметоцидів на території України, можна зазначити, що Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН України в співпраці з іншими науково-дослідними інститутами веде активну роботу по дослідженню впливу гаметоцидів на потенційні батьківські компоненти різних с.-г. культур (Мельник & Рябчун, 2012) (Міщенко & Лайко, 2017) (Міщенко, 2020) (Білинська, Лютенко, Дульнев, & Безпарточна, 2019).

Компанія Saaten-Union реалізує в Україні гібриди пшениці створені методом хімічної кастрації (Гіацинт, Хьюбері та ін.). Насінництво вказаних гібридів проводять на території ЄС, а насінневий матеріал постачають в Україну перед кожним посівним сезоном. Наразі в Україні не передбачено можливості реєстрації та промислового застосування діючих речовин гаметоцидної дії для насінницьких цілей.

**Самонесумісність (СН)** є біологічним механізмом, що запобігає самозапиленню у перехреснозапилюваних видів. Хоча пшениця є повністю самозапильною, СН широко поширена серед злаків, а жито посівне (*S. cereale* L.), близький родич пшениці, є облігатним перехреснозапилювачем. У всіх досліджених системах злаків гаметофітна СН контролюється двома

мультиалельними локусами, S та Z (Langridge & Baumann, 2008). Взаємодія двох генів означає, що CN у злаках має кілька особливостей, які відрізняють її від більш поширених однолокусних систем. Особливої уваги потребують відмінності у реципрокних схрещуваннях та різний рівень сумісності (а саме, відсоток сумісного пилку) між двома рослинами. Сумісність може коливатися від 0 до 50, 75 або 100 % залежно від генотипів (Whitford, Fleury, Reif, & Garcia, 2013).

Наприклад, якщо схрещування проводиться між рослинами з генотипом S1.1 Z1.2 як материнською формою та S1.2 Z1.3 як донором пилку, буде зафіксовано 75 % сумісних зерен пилку (оскільки продукуються чотири генотипи пилку: три сумісних – S1Z3, S2Z1 та S2Z3, та один несумісний – S1Z1). Тоді як реципрокне схрещування покаже лише 50 % сумісного пилку (два генотипи пилку: S1Z1 – несумісний та S1Z2 – сумісний) (Whitford, Fleury, Reif, & Garcia, 2013).

Чи може система CN злаків бути активована в пшениці для створення основи гібридної системи? Складність полягає в тому, що жоден з локусів S чи Z не інтродукований з жодної досліджуваних систем злаків, хоча обидва локуси були зв'язані з високою роздільною здатністю у *S. cereale* (Hackauf & Wehling, 2005), *Lolium perenne* (Shinozuka, Cogan, Smith, Spangenberg, & Forster, 2010) та *Phalaris corulescens* (Bian, et al., 2004). Дійсно, незважаючи на значні зусилля у вивченні кількох різних систем CN, жодна система не була повністю пояснена на молекулярному рівні (Franklin-Tong, 2008).

Однак існує потенційна можливість інтрогресувати CN у пшеницю через диплоїдного предка або близького родича. Цікаво, що поліплоїдні злаки можуть проявляти той самий рівень CN, що й їхні диплоїдні родичі та батьківські форми. Реакції CN можуть відбуватися навіть якщо лише одна пара алелей S-Z у диплоїдному пилку тетраплоїдних злаків збігається в рильці маточки-реципієнта. Цей процес досліджений у *S. cereale*, *Festuca pratense* та *Dactylis glomerata*, а також у *L. perenne*. Отже, можливо, створити самонесумісну пшеницю, якщо необхідні гени буде ідентифіковано у близького родича та інтрогресовано в геном пшениці (Whitford, Fleury, Reif, & Garcia, 2013).

#### 1.4. Досягнення та перспективи гетерозисної селекції пшениці м'якої озимої

Роботи зі створення гібридів пшениці розпочалися в 20-х роках минулого століття. Позитивні результати в даному напрямі отримали вчені Ф. Гріффі, К. Е. Розенквіст, С. В. Бойс, Д. Е. Вейбель, Л. В. Бригглю, С. М. Сікка, Ф. Г. Луптон, Дж. В. Шмідт та ін..

Новий етап у розвитку селекції гібридної пшениці розпочався у 1951 р. з відкриттям цитоплазматичної чоловічої стерильності (ЦЧС) у даної культури. Японський генетик Х. Кіхара методом схрещування пшениці із *Aegilops caudata* L. отримав гібриди, що мали чоловічостерильну (ЧС) плазму. Згодом японський учений Х. Фукасава повідомив про отримання ЦЧС гібридів від схрещування *Aegilops ovata* L. x *Triticum durum* L. з *Aegilops caudata* L. x *Triticum aestivum* L. Також ЧС-форми отримали американські вчені Дж. А. Вілсон, В. М. Росс, Дж. В. Шмідт, В. А. Джонсон, С. С. Манн (Рябовол, Парій, Рябовол, Заболотна, & Діордієва, 2014).

Вальтер Мерферт у 1965 р. в Інституті досліджень зернових культур Бернбург-Гадмерслебен у Німеччині розпочав роботу зі створення гібридів на основі цитоплазматичної чоловічої стерильності. У дослідженнях отримав рівень гетерозису (середнє батьківських компонентів) в 9 % для 17 гібридів, з діапазоном від 0 % до 15 % (Gowda, Kling, Wurschum, & Reif, 2010). Вчений відзначив, що конкурсний гетерозис може бути підвищений за рахунок покращення ліній відновників фертильності та використання генетично різних ЦЧС-ліній. Створення гібридів пшениці Вальтером Мерфертом передбачало 20 років систематичної селекції, із передачі ЦЧС в адаптовані лінії. Конкурентоспроможні гібриди В. Мерферта стали доступні в середині 1980-х рр. (Gupta, et al., 2019).

Перші гібриди пшениці з'явилися на ринку США у 1981 році (компанія Cargill). З 1986 року гібридну пшеницю почали вирощувати в Аргентині та Австралії (Гончаров & Костов, 2017).

В Китаї роботу зі створення гібридів пшениці розпочали в кінці 1980-х років, яка базувалась на використанні систем цитоплазматичної чоловічої стерильності та США для розробки експериментальних гібридів. Створено понад 50 гібридів пшениці із підвищеною врожайністю на 10–20 %. З них сім гібридів отримали сертифікацію в рамках національної програми реєстрації.

Наприкінці минулого століття проведені дослідження для оцінки рівня ефекту гетерозису в пшениці. Гібриди і їх батьківські лінії вивчали в різних екологічних умовах за показником врожайності. Роботи В. Мерферта (1987), М. Боргі (1988), Дж. Барбоза-Нето (1996), І. Оури (2000) та П. Корбелліні (2002) сприяли розумінню природи гетерозису в пшениці (Koemel, Guenzi, & Carver, 2004).

В 1980–1990-х рр. компанії Cargill, Dekalb/HybriTech, Agripro та Rohm-Haas в Японії розпочали роботу зі створення перших гібридів пшениці (Adugna, Singh K, Nanda, & Vains, 2004). У 1988 році компанія Cargill запропонувала два гібриди під брендом «Баунті». Однак за врожайністю вони не перевищували існуючі сорти, тому згодом були зняті з випробувань (Гончаров & Костов, 2017).

У період з 2009 по 2012 рр. гібриди пшениці вирощували на площі 66,7 тис. га у 11 провінціях Китаю для демонстраційних цілей. За результатами досліджень встановлено підвищення врожайності на 15,7 % (Changping, 2013).

Партнерство між CIMMYT і Syngenta, розпочате в 2011 році з метою розробки та випробування тисяч гібридних комбінацій на основі хімічних засобів гібридизації (СНА) в Мексиці та Індії, свідчить про зацікавленість міжнародних організацій та приватного сектору до розвитку даних досліджень і виробництва гібридів пшениці (Singh, Chatrath, & Misra, 2010).

Компанія Saaten-Union Recherche була і залишається піонером у розробці та впровадженні успішних гібридних сортів пшениці як для Великої Британії, так і для інших європейських країн (табл. 1.4). Останнім часом Asur Plant Breeding, спеціалізована дослідницька та виробнича одиниця компанії Saaten-Union, реалізує гібриди пшениці, розроблені за допомогою хімічних засобів гібридизації в деяких країнах Європи, в т. ч. і в Україні (Gupta, et al., 2019).

Таблиця 1.4 – Гібриди пшениці, зареєстровані в США та Європі (Gupta, et al., 2019).

Назва гібриду (рік реєстрації)	Основні особливості	Автор
Нупо-Precia (1995)	Висока врожайність	Hybrinova, Франція
Domino (1995)	–	HybriTech Seed, Франція
Quantum 542 (1996); 566, 579, 7501, 7510 (1996); 708 (1997)	Гібриди твердої червонозерної пшениці озимої з високою та стабільною врожайністю	HybriTech Seed, США
Quantum 7460 (1997)	Висока врожайність. Рекомендовано для південної частини великих рівнин США	HybriTech Seed, США
Quantum 7406 (1997)	Зимостійкість, стійкість до вилягання	HybriTech Seed, США
Quantum 7504 (1998)	Стійкість проти збудника бурої іржі, високі хлібопекарські показники	HybriTech Seed, США
Quantum 7817 (1999)	Висока, стабільна врожайність	HybriTech Seed, США
Hstar (2007); Hyland, Hybred, Hytech (2011); Hybery (2010); Hysun (2003); Нухо, Мумас (2006); Нухтра (2011); Нухпресс (2011); Hyfi (2013); Hyrise (2013); Нупод (2012); Hyspeed (2014); Hywin (2014); Нухтрем (2014); Нухлюкс (2014); Hybiza (2014); Нусроп (2014)	Висока врожайність і адаптивність; стійкість проти збудників хвороб; ранній, середній або пізній термін дозрівання; відмінна якість для випічки і зерна; стійкість до вилягання	Saaten Union, Франція, Угорщина, Німеччина, Польща, Румунія, Велика Британія, Чехія
Hyguardo, Hybello A, Hybery B, Hybred B, Hyclick A, Hydrock A, HyFi B, Hyguardo B, HykingA, Hyland C, Нухлюкс B, Нумас B, Нухенергі B, Нухспід A, Нухвенто A, Нухвін A, Нухпресс B, Нухтра B	Висока врожайність, ранній/середній термін дозрівання; стійкість проти збудників хвороб; середньо- і м'якозерні; хлібопекарське призначення, деякі – кормове. Сорти Нухспід, Нухтрем, Нухлюкс стійкі до фузаріозу і рекомендовані для північної Франції.	Saaten Union, Велика Британія, Франція
Hystar, Hyteck	Високий коефіцієнт кушення, середня стійкість проти збудників хвороб, середньорання група стиглості, м'якозерні. Орієнтовані на зону північної Англії та Шотландії	Saaten Union, Велика Британія
BHW20GW0009, BHW20GW0010 (2023)	Висока та стабільна врожайність, стійкість проти збудників хвороб та вилягання, високий коефіцієнт загального та продуктивного кушення, середньорання група стиглості	BASF, Україна, Франція, Німеччина

Спільні зусилля між селекціонерами пшениці з дослідницького центру Texas A&M AgriLife та Університету Небраски-Лінкольн у Сполучених Штатах спрямовані на створення гібридів пшениці в сфері державного сектору. Особливістю проекту є поєднання різних підходів, включаючи використання хімічних засобів гібридизації, класичної селекції, маркер-асоційованої селекції (MAS) та QTL картографування. Мета полягає у створенні комплексної бази даних та ресурсів генофонду для сприяння успішному впровадженню гібридів пшениці в США (Zhuo-Kun, та ін., 2010).

Успіху у селекції гібридної пшениці можуть досягти європейські країни, включаючи Францію, Німеччину, Велику Британію, а також США, де реалізують конкурентні селекційні дослідницькі програми. Ці програми мають на меті покращити дослідження в селекції гібридної пшениці і створити ефективні системи виробництва гібридного насіння пшениці (Liu, та ін., 2016).

Крім того, приватні селекційні компанії з Франції, Німеччини, Польщі та Австрії об'єдналися, щоб створити новий європейський альянс під назвою HYBALLIANCE. Він займається дослідженнями в селекції гібридної пшениці і свідчить про спільні зусилля з впровадження технологій створення гібридів пшениці в Європі (Nielsen, Backes, Stougaard, Andersen, & Jahoor, 2014).

Позитивні результати поширення гібриду пшениці озимої Hystar в Португалії та Німеччині, а також успішні випробування гібридної пшениці в Туреччині є ознаками прогресу в гетерозисній селекції пшениці (Gupta, et al., 2019).

Ініціатива CROPCO в Великобританії, спрямована на створення гібридної пшениці, ще раз підкреслює успіх і підвищений інтерес до гібридної пшениці у всьому світі. Ці ініціативи і успіхи підкреслюють потенціал даного напрямку для вирішення проблеми продовольчої безпеки у світі і розширення виробництва пшениці в різних регіонах (Zhao, Liu, & Maurer, 2015).

Впровадження гібридної пшениці в Україні вказує на інтерес Asur Plant Breeding (Saaten Union) до нових регіонів і свідчить про те, що створення вітчизняних гібридів пшениці є актуальним завданням селекції.

Пшениця м'яка озима представлена в Державному реєстрі сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2025 рік (Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2025 рік. URL: <https://minagro.gov.ua/file-storage/reyestr-sortiv-roslin, 2025>) (в кількості 545 одиниць) (рис. 1.5).

Аналізуючи дані реєстрації сортів і гібридів в Україні встановлено, що з 2021 року до Державного реєстру включено 9 гібридів і 10 батьківських компонентів пшениці м'якої озимої. В Державному реєстрі сортів України представлені гібриди селекції компанії Saaten Union, створені за допомогою засобів хімічної кастрації. На даний час їх кількість складає 3 (табл. 1.5). Впродовж 2023 року компанією BASF зареєстровано 2 нових гібриди пшениці з батьківськими компонентами на основі чоловічої цитоплазматичної стерильності.

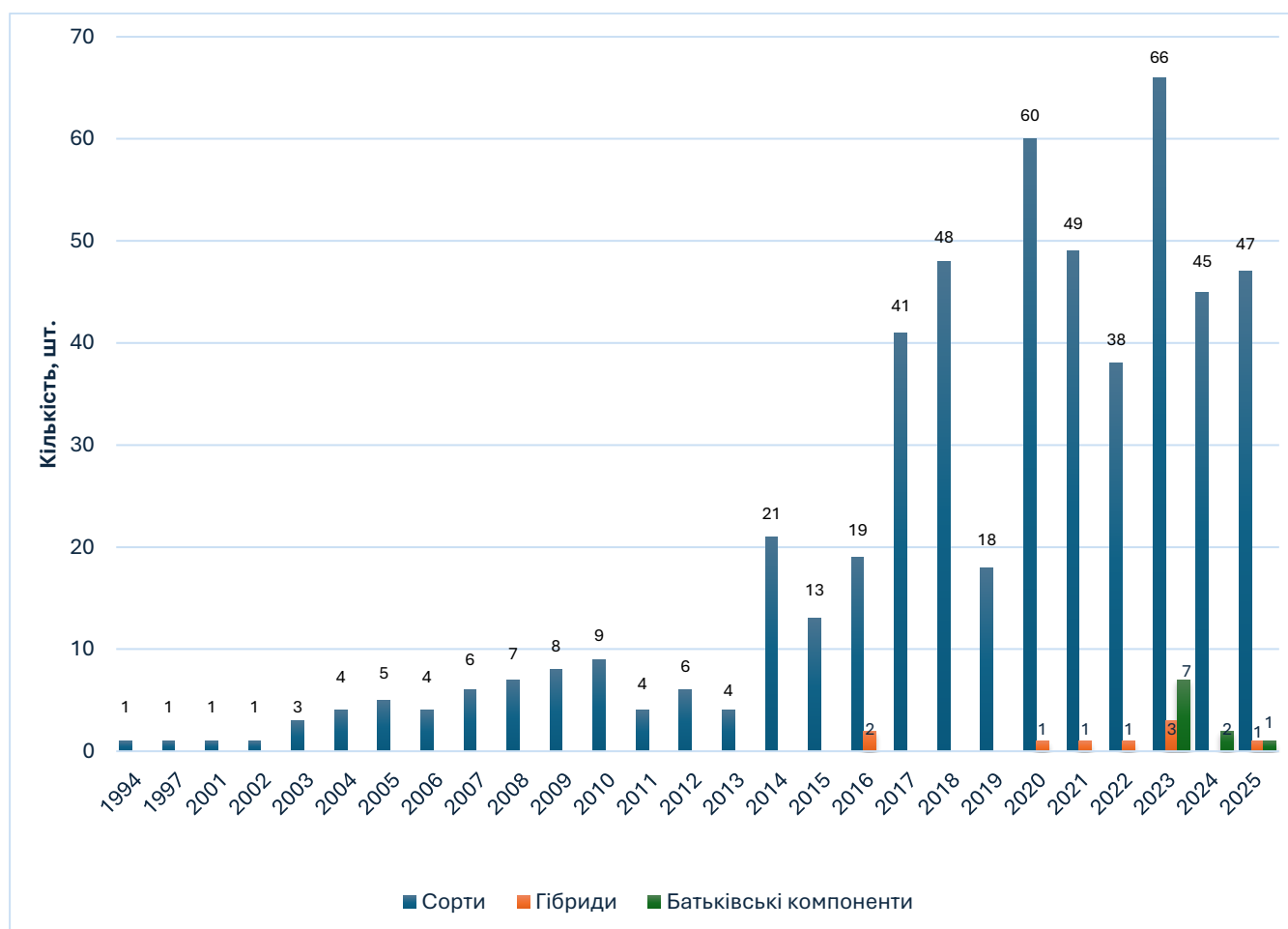


Рисунок 1.5 – Розподіл по роках реєстрації сортів, гібридів і батьківських компонентів пшениці м'якої озимої в Державному реєстрі сортів рослин, придатних для поширення в Україні

Таблиця 1.5 – Список гібридів пшениці м'якої озимої, які зареєстровані в Україні станом на вересень 2025 р. (<https://sops.gov.ua/reestr-sortiv-roslin>)

№ з/п	Гібрид	Тип стерильності	Країна походження	Власник	Рік реєстрації	Рекомендована зона для вирощування	Якість зерна
1	Хювега	СНА	DE	Saaten-Union	2025	-	-
2	БХВ20ГВ0009	CMS	DE	BASF	2023	ЛП*	цінний
3	БХВ20ГВ0010	CMS	DE	BASF	2023	ЛП*	цінний
4	Київська 22	–	UA	Інститут фізіології рослин і генетики НААН	2023	ЛП*	філер
5	Гіацинт	СНА	FR	Saaten-Union	2022	СЛП*	філер
6	Гімалая	СНА	DE	Saaten-Union	2021	СЛП*	цінний
7	Трублiон	СНА	FR	Saaten-Union	2020	ЛП*	цінний
8	Хюбері	СНА	FR	Saaten-Union	2016	СЛП*	цінний
9	Хюлюкс	СНА	FR	Saaten-Union	2016	СЛП*	цінний

Примітка. П – Полісся, Л – Лісостеп, С – Степ.

Внесення гібридів пшениці м'якої озимої до Державного реєстру сортів, придатних для поширення в Україні, свідчить про їх відповідність сучасним вимогам агровиробництва та високу адаптивність до ґрунтово-кліматичних умов рекомендованих зон вирощування.

Враховуючи перші успішні приклади внесення гібридів до Державного реєстру, можна прогнозувати поступове зростання їх ролі у структурі сортового складу пшениці в Україні.

## Висновки до розділу 1

У результаті аналізу сучасного стану гетерозисної селекції пшениці м'якої озимої встановлено, що цей напрям еволюціонував від теоретичної концепції до практично реалізованої та інтенсивно розвиненої складової селекції. Доведено

ефективність ефекту гетерозису як чинника підвищення врожайності, стабільності та адаптивності сільськогосподарських культур.

Головною передумовою практичного використання гетерозису у самоzapильних культур, зокрема пшениці, є наявність ефективних систем контролю запилення. Найбільш поширеними є системи цитоплазматичної чоловічої стерильності (ЦЧС) на основі *T. timopheevii* та технологія хімічної кастрації (СНА). Кожна з них має специфічні переваги та обмеження, пов'язані з технологічними аспектами їх застосування.

Теоретичною основою створення конкурентоспроможних гібридів є концепція гетерозисних груп і патернів, згідно з якою максимальний ефект досягається за схрещування генетично віддалених, але адаптивних форм із високою комбінаційною здатністю. Розширення генетичної бази потребує виваженого підходу та не завжди забезпечує позитивний результат.

Ефективність гібридизації значною мірою визначається морфо-біологічними особливостями батьківських компонентів. Для чоловічих форм критичними є інтенсивність утворення та екструзії пилку, для жіночих – відкритість квіток, розвиток і рецептивність приймочок, а також синхронність цвітіння. Реалізація потенціалу гібридів потребує також оптимізації агротехнічних елементів насінництва.

Узагальнення світового досвіду свідчить про зростання потенціалу гібридної пшениці, що підтверджується впровадженням нових гібридів із підвищеними показниками продуктивності та стійкості до стресових чинників. В Україні також спостерігається поступове впровадження цієї технології, зокрема через реєстрацію нових гібридів у Державному реєстрі сортів рослин, придатних для поширення в Україні.

Встановлено, що, незважаючи на значний потенціал, гетерозисна селекція пшениці супроводжується рядом обмежень, серед яких висока вартість гібридного насіння, складність технологій його виробництва та необхідність високого рівня агрономічного супроводу.

З огляду на виклики сучасного землеробства в Україні, зокрема кліматичну нестабільність, необхідність підвищення врожайності та конкурентоспроможності зернового виробництва, розвиток гетерозисної селекції пшениці м'якої озимої є перспективним і науково обґрунтованим напрямом. Це зумовлює необхідність проведення подальших досліджень, спрямованих на вивчення колекційних зразків та сортів пшениці м'якої озимої як батьківських компонентів гібридних комбінації адаптованих до умов України та їх подальшого використання в селекційних програмах зі створення гібридів пшениці м'якої озимої.

## РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ, МЕТОДИКИ ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 2.1. Матеріали та методики проведення досліджень

Дослідження за темою дисертаційної роботи проводилися протягом 2022–2025 років у Національному університеті біоресурсів і природокористування України на дослідних полях кафедри генетики, селекції і насінництва ім. професора М. О. Зеленського, розташованих у Відокремленому підрозділі НУБіП України «Агрономічна дослідна станція» (с. Пшеничне, Васильківський район, Київська область).

Для досягнення поставленої мети передбачалося вирішення таких завдань:

- дослідити мінливість морфо-біологічних і господарсько-цінних ознак колекційних зразків пшениці м'якої озимої в умовах Правобережного Лісостепу України;
- встановити закономірності прояву інтенсивності викидання пиляків у колекційних зразків пшениці м'якої озимої та оцінити можливість використання цієї ознаки як критерію попереднього добору батьківських компонентів;
- обґрунтувати можливість використання кластерного аналізу для формування груп генетично віддалених колекційних зразків з метою підвищення ефективності добору батьківських пулів у гетерозисній селекції;
- оцінити загальну та специфічну комбінаційну здатність відібраних колекційних зразків за основними господарсько-цінними ознаками;
- встановити взаємозв'язок між показниками комбінаційної здатності батьківських форм і рівнем прояву гетерозису в гібридних комбінаціях пшениці м'якої озимої;
- виділити перспективні колекційні зразки та гібридні комбінації для подальшого використання в селекційних програмах зі створення гібридної пшениці м'якої озимої;
- розробити моделі материнських та чоловічих форм пшениці м'якої озимої, оптимізовані для ефективного створення гетерозисних гібридів F1, шляхом

встановлення ключових морфо-біологічних та фенологічних критеріїв їхньої комбінаційної здатності та синхронності цвітіння.

Матеріалом досліджень були 92 сорти і колекційних зразки пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum* L.) різного еколого-географічного походження. Зразки були отримані з Національного центру генетичних ресурсів рослин України, Інституту фізіології рослин і генетики НАН України, Миронівського інституту пшениці імені В. М. Ремесла НААН, Селекційно-генетичного інституту – Національного центру насіннєзнавства та сортовивчення, Національного наукового центру «Інститут землеробства НААН», Інституту зрошуваного землеробства НААН, Інституту рослинництва імені В. Я. Юр'єва НААН, Білоцерківської дослідно-селекційної станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН та інших селекційних установ. Також у дослідженнях використано 25 гібридних комбінацій  $F_1$ , створених під час виконання дисертаційної роботи.

У сезоні 2023–2024 рр. проведено оцінки важливих для батьківських компонентів ознак, зокрема дати колосіння, висоти рослин, бала викидання пиляків та інших цінних господарських ознак 92 сортів і колекційних зразків пшениці м'якої озимої. За результатом оцінювання було відібрано п'ять потенційних материнських форм (Altigo, Соборна, Тайра, Зореслава, Метелиця харківська) та 6 потенційних батьківських форм (Achim, Mescal, Ювілейна Патона, Urbanus, Лірика білоцерківська, Київська 17).

У дослідженні використано метод топкросів, що дозволяє виключити завідомо малоперспективні внутрішньогрупові схрещування (материнська форма х материнська форма, або батьківська форма х батьківська форма).

Для проведення гібридизації використовували твел-метод (рис. 2.1). У межах одного ізолятора один колос материнської форми запилювали пилком одного колоса батьківської форми. Загалом запилено 25 гібридних комбінацій по три ізолятори кожна. У сезоні 2023–2024 рр. для окремих комбінацій, що характеризувались низькою зав'язуваністю зерна проведено додаткові схрещення з метою отримання достатньої кількості гібридного насіння.

Агротехніка дослідів відповідала загальноприйнятій для умов Лісостепу України технології вирощування пшениці м'якої озимої та була спрямована на забезпечення оптимальних умов росту і розвитку рослин. Закладення дослідів у колекційному розсаднику проводили на однорядкових ділянках довжиною 1,2 м за допомогою ручної сівалки у трикратній повторності.



Рисунок 2.1 – Твел-метод гібридизації. (фото автора)

Визначення висоти рослин, коефіцієнта продуктивного кушення та маси 1000 насінин здійснювалося відповідно до Методики проведення експертизи сортів рослин групи зернових, круп'яних та зернобобових на придатність до поширення в Україні, затвердженої Українським інститутом експертизи сортів рослин (УІЕСР) (Корзун, 2016).

Зимостійкість сортів у досліді оцінювали за порівняння результатів осіннього та весняного обліків стану посівів у кожному повторенні. У разі відсутності погіршення посівів за зимовий період, зимостійкість оцінювали балом 9. Якщо ж навесні стан посівів був гірший, ніж перед входженням у зиму, оцінювання проводили відповідно до шкали наведеної в таблиці 2.1 (Корзун, 2016).

Колосіння у роботі подано у вигляді тривалості періоду між 1 січнем календарного року та датою повного колосіння зразка (Langer, Longin, & Würschum, 2014).

У дослідженні для визначення групи сортів за висотою рослин використовували Міжнародний класифікатор РЕВ роду *Triticum* L. (1987), згідно з яким сорти пшениці поділяють на 9 груп: карлики першої групи (< 36 см), карлики другої групи (36–50 см), низькорослі першої групи (51–65 см), низькорослі другої групи (66–80 см), середньорослі першої групи (81–95 см), середньорослі другої групи (96–110 см), високорослі першої групи (111–125 см), високорослі другої групи (126–140 см) та крайні високорослі (> 140 см) (Samoilyk, Lozinskyi, Yurchenko, & Ustinova, 2024)

Таблиця 2.1 – Шкала для оцінки зимостійкості сортів пшениці м'якої озимої за даними осінньо-весняного обліку посівів (Корзун, 2016)

Стан посіву восени, бал	1	9								
	2	8	9							
	3	7	8	9						
	4	6	7	8	9	Зимостійкість,				
	5	5	6	7	8	9	бал			
	6	4	5	6	7	8	9			
	7	3	4	5	6	7	8	9		
	8	2	3	4	5	6	7	8	9	
	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		1	2	3	4	5	6	7	8	9

\* Стан посіву навесні, бал

Цвітіння у колосках відбувається поступово, а загальна тривалість періоду цвітіння становить від одного до трьох діб залежно від генотипу та умов навколишнього середовища. Оцінку здатності викидати пиляки проводили за ВАЕХ-методом. Через три доби після початку цвітіння у п'яти випадково відібраних рослин із кожної ділянки або рядка визначали кількість пиляків, що вийшли за межі квіток, з подальшим розрахунком частки таких колосків. При цьому верхні та нижні два колоски не враховували (Langer, Longin, & Würschum, 2014) (Betul, Amir, Nithya, Rudd, & Liu, 2022). Отримані результати подано у вигляді 9 бальної шкали (рис. 2.2), за якої при оцінці 9 балів майже всі пиляки виходять за межі квіток колоса (Whitford, Fleury, Reif, & Garcia, 2013).



Рисунок 2.2 – Інтенсивність викидання пиляків за методом VAEX:

А – 2 бали; В – 5 балів; С – 7 балів; D – 9 балів. (фото автора)

Моніторинг ураження збудником борошнистої роси здійснювали у кілька етапів. Ключовим був облік у період трубкування–колосіння, що характеризується максимальним розвитком хвороби. Під час проведення візуальної оцінки облік починали з нижнього ярусу рослин. Ступінь стійкості досліджуваних зразків визначали на підставі інтенсивності ураження листкового апарату відповідно до інтегрованої шкали Е. Е. Saari та J. M. Prescott (у модифікації С. О. Трибеля) (табл. 2.2, рис. 2.3) (Трибель, Гетьман, & Стригун, 2010).

Таблиця 2.2 – Інтегрована шкала оцінки стійкості зразків пшениці проти збудника *Erysiphe graminis* (E. E. Saari та J. M. Prescott) (Трибель, Гетьман, & Стригун, 2010)

Бал	Ознаки прояву хвороби	Уражено поверхні листя та стебел, %	Ступінь стійкості, сприйнятливості
9–8	Ознаки хвороби відсутні або на листках окремі хлоротичні і некротичні плями, є дуже рідкий поодинокий наліт конідій	< 1	Високостійкий
7–6	Уражені тільки нижні листки: є поодинокі дрібні подушечки, можливі хлоротичні і некротичні видовжені плями	2–5	Стійкий
5	Рослина уражена до підпрапорцевого листка: нижні листки сильно, вище розміщені – помірно	6–10	Слабкоспри- нятливий
4–3	Рослина уражена до підпрапорцевого листка: листки нижнього ярусу (нижня третина) – значно, нижні листки відмерли; середнього ярусу – помірно, помітна поява слідів інфекції на підпрапорцевому листку та слабо – на прапорцевому	11–25	Сприйнятливий
2	Уражена вся рослина: прапорцевий листок – помірно, нижні і середні листки відмерли, інфекція є на колосових лусках і остюках	26–50	Високо- сприйнятливий
1	Уражена вся рослина: листки відмирають, інфекції є на колосових лусках, остюках, стеблі	> 50	Дуже високо- сприйнятливий

Для визначення стійкості до збудника септоріозу (*Septoria tritici* Rob. et Desm.) застосовували оцінку інтенсивності ураження прапорцевого та підпрапорцевого листків на природному інфекційному фоні згідно з інтегрованою шкалою (рис. 2.4, табл. 2.3) (Трибель, Гетьман, & Стригун, 2010) (Петренкова, Боровська, & Лучна, 2018).

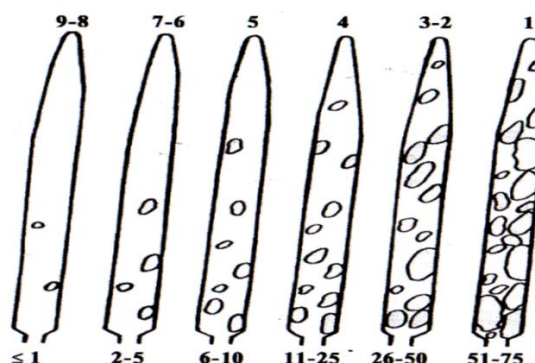


Рисунок 2.3 – Шкала оцінки стійкості злакових культур за ступенем ураження листя борошнистою россою (Петренкова, Боровська, & Лучна, 2018)

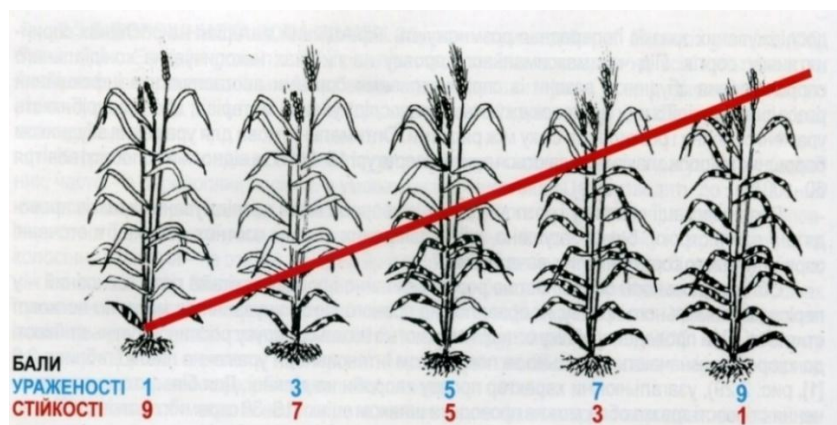


Рисунок 2.4 – Модифікована шкала для обліку ураження рослин колосових культур борошністою россою, септоріозами та іншими плямистостями (Saari E. E., Prescott J. M., 1975) (Трибель, Гетьман, & Стригун, 2010)

Після досягнення рослинами повної стиглості з кожної облікової ділянки відбирали по 20 типових рослин для проведення біометричного аналізу. Під час досліджень визначали довжину колоса, кількість колосків у колосі, кількість зерен у колосі та масу зерен з одного колоса.

Вміст білка та сирієї клейковини визначали на універсальному інфрачервоному експрес-аналізаторі Perten DA 7250 відповідно до вимог (ДСТУ EN ISO 12099:2022).

Індекс седиментації визначали за методом Зелені (ДСТУ ISO 5529, 2014).

Число падіння визначали за методом Хагберга-Пертена (Hagberg-Perten) на приладі Perten FN 1700 відповідно до (ДСТУ ISO 3093, 2019).

Таблиця 2.3 – Шкала оцінки стійкості зразків пшениці проти збудника септоріозу *Septoria tritici* Rob.et Desm. (Saari E. E., Prescott J. M., 1975) (Трибель, Гетьман, & Стригун, 2010)

Бал ураженості	Бал стійкості	Ступінь стійкості	Симптоми ураження	Охоплено поверхні листя,
0	9	Дуже стійкий	Відсутні	0
0,1	8	Високостійкий	Є деякі ознаки	< 1
1	7	Стійкий	Окремі дрібні плями, переважно на нижніх листках	2–5
2	6	Стійкий	Плями переходять на верхні яруси листя, 2-й листок слабо уражений	6–10

3	5	Середньо-стійкий	Слабко уражений 3-й нижній листок, нижні листки уражені від середнього ступеня до сильного	
4	4	Помірно стійкий	Листя нижнього ярусу уражене помірно, слабко уражене листя середнього ярусу	11–25
5		Помірно стійкий	Нижнє листя сильно уражене, листя середнього ярусу – від середньо до сильно ураженого, інфекція не поширюється вище середнього ярусу	
6	3	Слабко-стійкий	Дуже уражений 3-й нижній листок, помірно – листя середнього ярусу, інфекція перейшла на верхній ярус	26–50
7	2	Сприйнятливий	Дуже уражене листя нижнього і середнього ярусів, інфекція перейшла на прапорцевий листок	51–75
8	1	Високо-сприйнятливий	Дуже уражене листя нижнього і середнього ярусів, 3-й листок зверху має ураження від помірного до сильного, прапорцевий листок уражений, як верхні листки	> 75
9		Дуже високо-сприйнятливий	Всі яруси листя дуже уражені, уражений і колос	

Статистичну обробку експериментальних даних здійснювали з використанням методів варіаційної статистики відповідно до загальноприйнятих методичних підходів у селекційних дослідженнях (Дідора, Смаглій, & Ермантраут, 2013). Для групування колекційних зразків за комплексом селекційно-цінних ознак застосували кластерний аналіз із використанням евклідової відстані та методу ієрархічного групування. Результати кластеризації подавали у вигляді дендрограми, що дозволило визначити ступінь генетичної та фенотипової віддаленості між досліджуваними генотипами (Криворучко & Тищенко, 2022) (Коханюк, Темченко, Штуць, Лехман, & Барвінченко, 2019) (Вільчинська, Городинська, Диянчук, & Камінна, 2017).

Оцінку загальної та специфічної комбінаційної здатності батьківських компонентів проводили відповідно до моделі Griffing для системи неповних топкросних схрещувань. Метод полягає в схрещуванні досліджуваних материнських ліній з обмеженою кількістю тестерів, що дозволяє зменшити обсяг гібридизації порівняно з повними діалельними схемами та оцінити як загальну, так і специфічну комбінаційну здатність ліній. ЗКЗ розглядали як середній ефект генотипу в різних гібридних комбінаціях, тоді як СКЗ характеризувала відхилення

конкретної комбінації від очікуваного рівня, зумовленого адитивною дією генів (Сич, Жемойда, & Сидорка, 2004).

Для порівняльної оцінки досліджуваних зразків було сформовано репрезентативний набір із п'яти сортів-стандартів (табл. 2.4), які представляють різні селекційні категорії та критерії. Як стабільні еталони для оцінки якісних показників та їхньої стабільності в різних умовах середовища використано сорти Смуглянка та Подолянка. Стандартом за потенціалом урожайності слугували сучасні високопродуктивні сорти вітчизняної селекції – МПП Фортуна та Престижна. Для порівняльного аналізу ефективності гетерозису до групи стандартів включено гібрид іноземної селекції Нуасінт. Такий комплексний підбір стандартів забезпечує всебічну характеристику досліджуваного матеріалу за основними селекційно-важливими параметрами: стабільності ознак, рівня продуктивності та інтенсивністю прояву гетерозису.

Таблиця 2.4 – Характеристика сортів-стандартів пшениці м'якої озимої, використаних у дослідженні (Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2025 рік. URL: <https://minagro.gov.ua/file-storage/reyestr-sortiv-roslin>, 2025)

Стандарт	НД	Країна походження	Рік державної реєстрації	Придатність до поширення
Нуасінт	Saaten-Union	FR	2022	СЛП
МПП Фортуна	Миронівський інститут пшениці імені В. М. Ремесла Національної академії аграрних наук України	UA	2019	ЛП
Престижна	Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України	UA	2018	Л
Смуглянка	Інститут фізіології рослин і генетики	UA	2004	СЛП
Подолянка	Національної академії аграрних наук України	UA	2003	СЛП

Примітка. С – Степ, Л – Лісостеп, П – Полісся.

Для оцінки прояву гетерозису у гібридів  $F_1$  визначали показники гіпотетичного, істинного та конкурсного гетерозису. Розрахунки виконували з використанням програмного забезпечення Statistica та Microsoft Excel.

## 2.2. Ґрунтово-кліматичні умови місця проведення досліджень

Польові дослідження проводили у природно-кліматичних умовах правобережного Лісостепу України, на території Відокремленого підрозділу Національного університету біоресурсів і природокористування України «Агрономічна дослідна станція» (с. Пшеничне, Васильківський район, Київська область). Відповідно до ґрунтово-географічного районування територія належить до Білоцерківського ґрунтового району, який характеризується сприятливими умовами для ведення сільського господарства та високим сільськогосподарським потенціалом.

Ґрунтовий покрив дослідної ділянки представлений чорноземом типовим малогумусним крупно-пилуватої, легкосуглинкової гранулометричної фракції, сформованим на лесі. Для цього типу ґрунту характерна добре виражена профільна диференціація та чітка горизонталія з добре вираженими морфо-фізіологічними особливостями.

Агрохімічні показники ґрунту (табл. 2.5) свідчать про наявність специфічного балансу елементів живлення та властивостей, що визначають умови росту і розвитку рослин. Реакція ґрунтового розчину є сильнолужною (рН 8,35), що може знижувати доступність окремих мікроелементів, зокрема фосфору, марганцю та цинку. Ступінь засолення ґрунту є незначним, про що свідчить низьке значення електропровідності (0,21 мСм/см). Вміст органічної речовини є високим (5,1 %), що позитивно впливає на структурно-агрегатний стан ґрунту та формує високий потенціал азотного живлення рослин. Забезпеченість ґрунту нітратним азотом перебуває на середньому рівні (8,6 ppm), що є достатнім для початкових фаз розвитку рослин. Вміст доступного фосфору також характеризується середнім рівнем (20 ppm), однак його фактична доступність може обмежуватися підвищеною лужною ґрунтового середовища.

Співвідношення обмінних катіонів характеризується повною диспропорцією. Зокрема, відзначено високий вміст кальцію (5572 ppm), що свідчить про значну насиченість ґрунтово-вбирного комплексу даним елементом. Водночас вміст

магнію (382 ppm) є відносно нижчим що за умов підвищеної лужності може зумовлювати обмеження його доступності для рослин. Вміст обмінного калію знаходиться в межах середнього рівня (57 ppm), а концентрація натрію (15 ppm) є підвищеною.

Таблиця 2.5 – Агрохімічна характеристика чорнозему типового малогумусного

рН вод.	О. Р., %	NO <sub>3</sub> N, ppm	P <sub>(m)</sub> , ppm	NH <sub>4</sub> OAc				ЄКО meq / 100g	Насиченість основами				SO <sub>4</sub> S, ppm	ДТРА				B, ppm	Mo, ppm
				Ca, ppm	Mg, ppm	K, ppm	Na, ppm		Ca, %	Mg, %	K, %	Na, %		Zn, ppm	Mn, ppm	Fe, ppm	Cu, ppm		
8,4	5,1	8,6	20	5572	382	57	15	31,3	89,1	10,2	0,5	0,2	7,2	0,24	1,76	6,67	0,27	0,86	0,29

Серед мікроелементів виявлено низький вміст цинку (0,24 ppm) та марганцю (1,76 ppm), що може потребувати корекції шляхом позакореневого підживлення. Забезпеченість ґрунту залізом є достатньою (6,67 ppm). Концентрації міді (0,27 ppm), бору (0,85 ppm) та молібдену (0,29 ppm) перебувають у межах середніх або оптимальних значень.

У таблиці 2.6 наведено загальні фізичні властивості та гранулометричний склад чорнозему типового малогумусного. Отримані дані свідчать про чітку диференціацію фізичних показників за глибиною ґрунтового профілю. У поверхневому горизонті Нп (0–10 см) щільність становить 1,17 г/см<sup>3</sup>, густина твердої фази – 2,67 г/см<sup>3</sup>, а загальна пористість досягає 56,2 %. Із поглибленням у нижні горизонту спостерігається закономірне збільшення щільності: у горизонті Н (30–40 см) – до 1,19 г/см<sup>3</sup>, у Нр (41–50 см) – до 1,22 г/см<sup>3</sup>, а на глибині 51–60 см – до 1,34 г/см<sup>3</sup>. Густина твердої фази змінюється в межах 2,62–2,68 г/см<sup>3</sup>, що свідчить про відносну стабільність мінералогічного складу ґрунту. водночас загальна пористість поступово знижується із глибиною – від 54,58 % у шарі 30–40 см до 50,0 % на глибині 51–60 см. У перехідних та материнських горизонтах (Phk, Pk) щільність продовжує зростати, досягаючи максимуму 1,39 г/см<sup>3</sup> на глибині 130–140 см, тоді як пористість зменшується до – 47,5 %. Для орного шару (0–30 см) характерні такі показники: щільність 1,18 г/см<sup>3</sup>, густина твердої фази – 2,45 г/см<sup>3</sup>,

загальна пористість – 55,4 %, що відображає структурний стан верхньої частини профілю, яка зазнає постійного агротехнічного впливу. У межах метричного шару (0–100 см) середні значення становлять: щільність 1,27 г/см<sup>3</sup>, густина твердої фази 2,66 г/см<sup>3</sup>, пористість 52,4 %. Отримані результати свідчать про закономірну зміну фізичних властивостей за глибиною профілю, що зумовлено природною диференціацією ґрунтового профілю, та антропогенним впливом діяльності у верхніх горизонтах.

Таблиця 2.6 – Загальні фізичні властивості і гранулометричний склад чорнозему типового малогумусного

Горизонти (шари) ґрунту	Глибина, см	Щільність, г/см <sup>3</sup>	Густина твердої фази, г/см <sup>3</sup>	Загальна пористість, %
Нп	0–10	1,17	2,67	56,2
Н	30–40	1,19	2,62	54,6
Нр	41–50	1,22	2,64	53,8
Нр	51–60	1,34	2,68	50,0
Phk	70–80	1,36	2,66	48,9
Рк	90–100	1,32	2,69	50,9
Рк	130–140	1,39	2,65	47,5
Орний шар	0–30	1,18	2,45	55,4
Метричний шар	0–100	1,27	2,66	52,4

Рівень залягання ґрунтових вод становив 4–6 м, що не спричиняє надмірного зволоження ґрунту та не обмежує формування і розвиток кореневої системи рослин. Материнська порода, яка залягає на глибині 190–220 см, представлена лесом із вмістом до 10 % кальцієвих карбонатів. Показник водотривкості (ВСВ) становить 11,1 %, що відповідає оптимальному рівню для більшості сільськогосподарських культур.

Ґрунти з подібними властивостями займають близько 56,7 % орних земель України, тому умови проведення досліджень можна вважати типовими для зони Лісостепу. Це забезпечує можливість екстраполяції отриманих результатів на інші агровиробничі регіони з подібними ґрунтово-кліматичними умовами.

Клімат зони досліджень є помірно-континентальним і характеризується відносно м'якою зимою, тривалим вегетаційним періодом та достатнім, але нерівномірним зволоженням. За середньобаторічними даними, середньорічна

температура повітря становить близько 8–9 °С, а середньорічна сума атмосферних опадів – 550–600 мм, більша частина яких припадає на теплий період року. Для оцінки погодних умов у роки проведених досліджень (2022–2025 рр.) проаналізовано середньомісячні температури повітря та кількість атмосферних опадів згідно з даними сервісу Meteoblue ([www.meteoblue.com](http://www.meteoblue.com)).

Аналіз температурного режиму свідчить про значну варіабельність погодних умов упродовж досліджуваного періоду (рис. 2.5). У 2022–2023 рр. температура в зимові місяці (грудень–лютий) коливалась у межах від -2 до -7 °С, що дещо нижче від середньобагаторічних значень. Зниження температури в січні 2023 року до майже -7 °С могло негативно вплинути на перезимівлю посівів пшениці за відсутності стійкого снігового покриву. Водночас весняне потепління відбувалося поступово, що сприяло нормальному відновленню вегетації рослин.

У сезоні 2023–2024 рр. зима була аномально теплою: температури в січні та лютому були близькими до 0 °С, а в березні перевищували середньобагаторічні значення. Такий температурний режим міг сприяти ранньому відновленню ростових процесів рослин, але водночас підвищував ризик пошкодження посівів у разі можливих зворотних весняних заморозків. Весняно-літній період 2024 року характеризувався підвищеними температурами: у червні та липні середні значення перевищували +22 °С.

У сезоні 2024–2025 рр. температурний режим також був нестабільним: січень був помірно теплим, тоді як у лютому відзначено короткочасне різке зниження температури, що створювало певні ризики для перезимівлі посівів. Весна була дещо прохолоднішою порівняно з попереднім роком, проте вже з травня спостерігалось поступове підвищення температури. У червні середня температура становила близько +20 °С, в липні – понад +21 °С, що відповідало середньобагаторічним показникам.

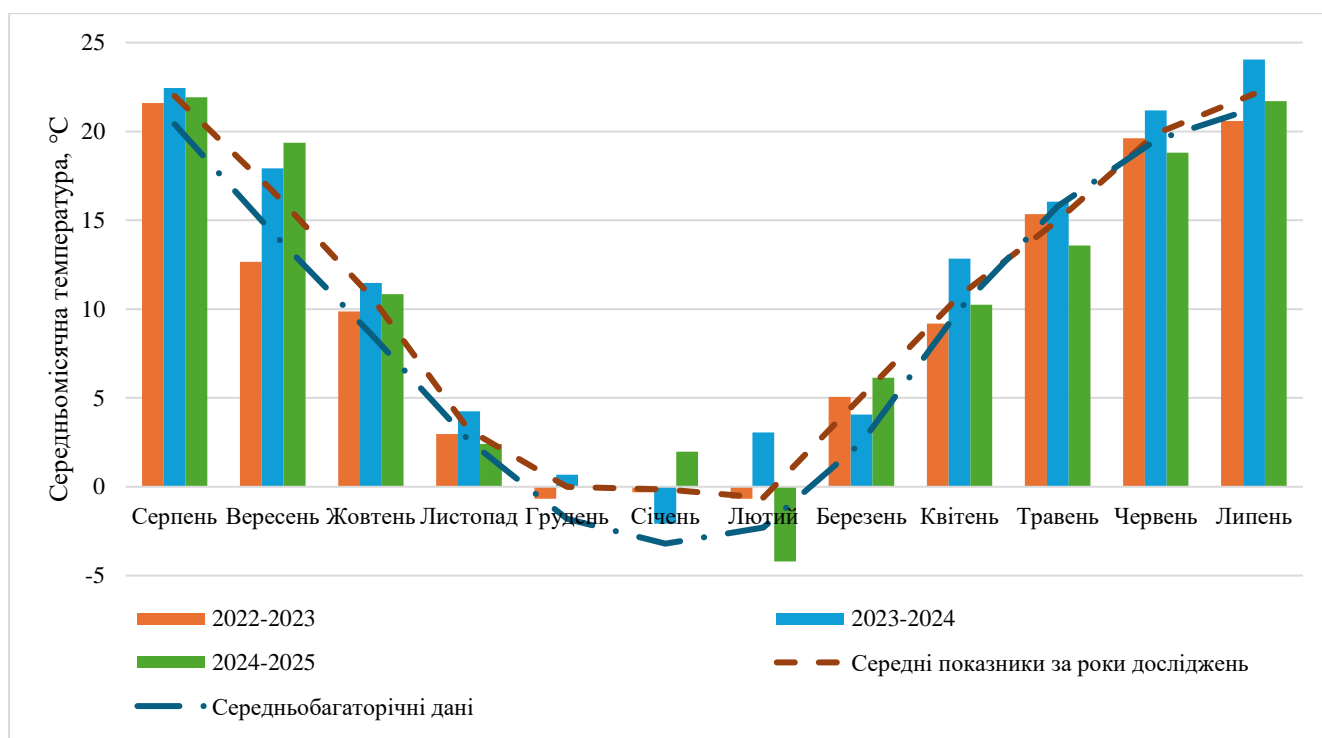


Рисунок 2.5 – Розподіл середньомісячної температури повітря за місяцями в умовах ВП НУБіП України «АДС» у 2022–2025 рр. (за даними сервісу Meteoblue ([www.meteoblue.com](http://www.meteoblue.com)))

Динаміку місячної кількості опадів у роки досліджень наведено на рис. 2.6. У 2022–2023 рр. відзначалась значна нерівномірність зволоження: вересень і липень характеризувалися надмірною кількістю опадів (130 та 160 мм відповідно), що могло викликати надмірне зволоження ґрунту, ускладнюючи підготовку ґрунту до сівби восени та збирання врожаю влітку. У зимовий період (грудень–лютий) кількість опадів коливалась в межах 30–60 мм, що відповідає багаторічним показникам.

Сезон 2023–2024 рр. характеризувався різкою контрастністю опадів. У вересні 2023 року спостерігався їх дефіцит, що зумовило певне зміщення строків сівби. Натомість у березні 2024 року випала аномально велика кількість опадів – понад 100 мм, що майже втричі перевищувала норму. Червень також був надмірно вологим (понад 110 мм), що могло створювати сприятливі умови для розвитку грибних хвороб у посівах.

У 2024–2025 рр. осінній період характеризувався достатнім рівнем зволоження з максимумом опадів у жовтні та листопаді. Зимові місяці (січень–

лютий) відзначилися малосніжністю із сумою опадів менше 20 мм. Весна 2025 року проходила за умов дефіциту вологи: у березні та квітні кількість опадів не перевищувала 30 мм, що призвело до зменшення запасів ґрунтової вологи у фазу кущення. Дощовий травень і червень (понад 60–70 мм) частково компенсували дефіцит зволоження, проте у липні кількість опадів знизилась до 20 мм, що в умовах підвищених температур могло прискорити фазу досягання зерна та зменшити його масу.

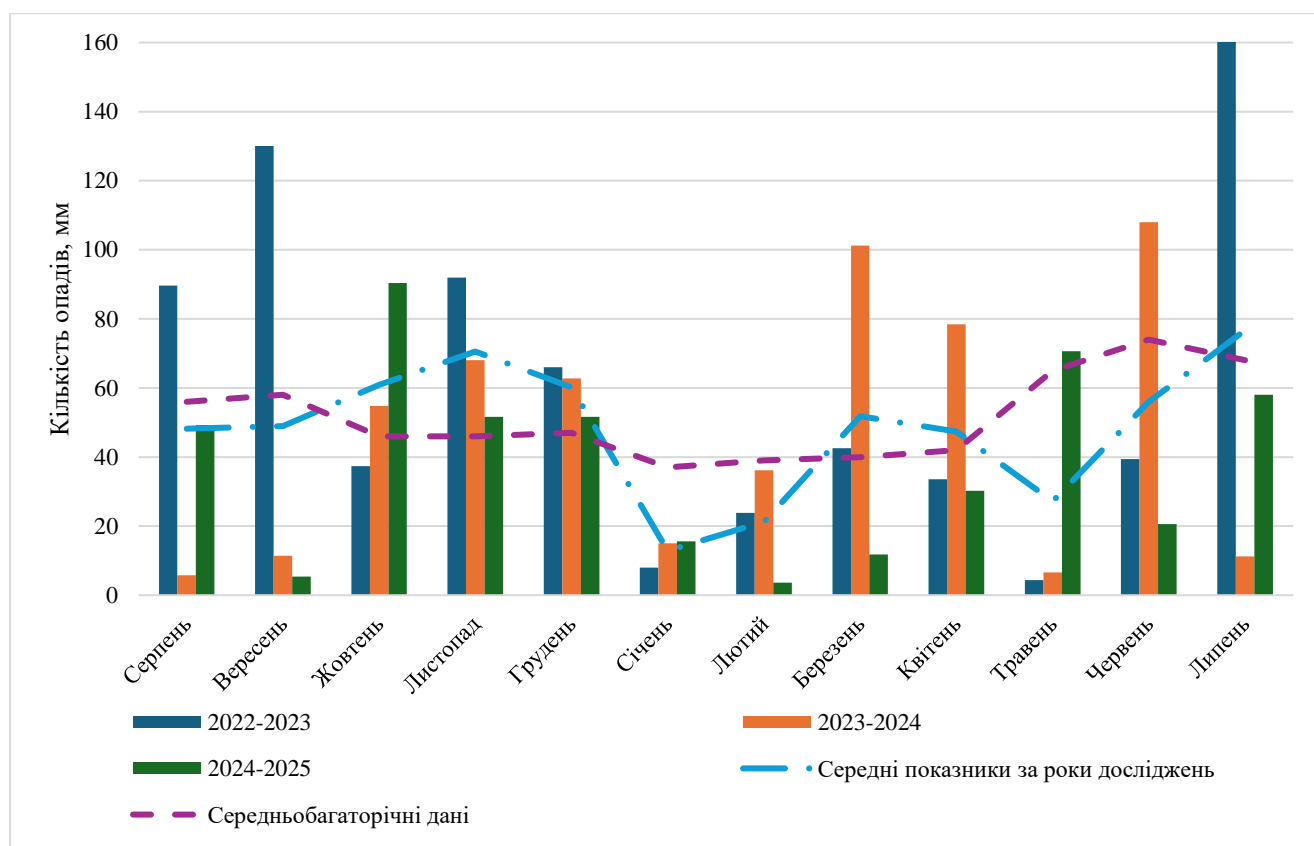


Рисунок 2.6 – Розподіл атмосферних опадів за місяцями у ВП НУБіП України «АДС», 2022–2025 рр. (за даними сервісу Meteoblue ([www.meteoblue.com](http://www.meteoblue.com)))

Загалом, погодні умови впродовж 2022–2025 рр. характеризувалися значними коливаннями температури та рівня зволоження. Така мінливість кліматичних чинників створила контрастні умови вирощування пшениці м'якої озимої, що дало можливість більш повно оцінити адаптивний потенціал гібридного матеріалу та виявити генотипи, здатні забезпечувати стабільну продуктивність за різних агрокліматичних умов.

## Висновки до розділу 2

1. Дослідження проведено в умовах Правобережного Лісостепу України на базі ВП НУБІП України «Агрономічна дослідна станція» (с. Пшеничне, Київська область), що характеризується типовими для зони ґрунтово-кліматичними умовами. Ґрунтовий покрив представлений чорноземом типовим малогумусним із сприятливими агрохімічними та водно-фізичними властивостями, придатними для вирощування пшениці м'якої озимої.

2. Клімат району проведення досліджень є помірно континентальним із достатнім, але нерівномірним зволоженням. Погодні умови впродовж 2022-2025 рр. характеризувалися значною мінливістю температурного режиму та кількості атмосферних опадів, що створило контрастні умови вирощування і забезпечило можливість об'єктивної оцінки адаптивного потенціалу досліджуваного селекційного матеріалу.

3. Матеріалом досліджень слугувала колекція із 92 сортів і зразків пшениці м'якої озимої вітчизняної та іноземної селекції. На основі попередньої оцінки господарсько-цінних ознак відібрано п'ять материнських і 6 чоловічих форм, які використано для створення гібридного матеріалу.

4. Для вивчення комбінаційної здатності відібраних генотипів застосовано метод топкросних схрещувань, у результаті чого створено 25 гібридних комбінацій пшениці м'якої озимої, що дало можливість оцінити загальну та специфічну комбінаційну здатність батьківських форм.

5. Оцінку селекційного матеріалу здійснювали із застосуванням комплексу загальноприйнятих і спеціалізованих методик, що включали визначення морфо-біологічних показників, елементів структури врожаю, показників якості зерна, стійкості до основних хвороб, а також здатності до екструзії пиляків за VAEX-методом.

6. Статистичну обробку експериментальних даних проводили методами дисперсійного, кореляційного, регресійного та кластерного аналізу, що забезпечило достовірність отриманих результатів.

## РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ СЕЛЕКЦІЙНО-ЦІННИХ ОЗНАК ТА ГЕНЕТИЧНОЇ СТРУКТУРИ КОЛЕКЦІЙНИХ ЗРАЗКІВ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ

### 3.1. Викидання пиляків як ознака селекційної цінності батьківських компонентів пшениці м'якої озимої

Сорти гібридного походження мають низку суттєвих переваг порівняно з лінійними, головною з яких є використання гетерозису – ефекту підвищеної продуктивності та стабільності, що виникає при схрещуванні двох генетично перспективних батьківських форм (Longin, Mi, Melchinger, Reif, & Würschum, 2014) (Gupta, et al., 2019). Основним проявом гетерозису є підвищена врожайність та стабільність продуктивності, особливо в несприятливих умовах вирощування (Whitford, Fleury, Reif, & Garcia, 2013) (Longin, Mi, Melchinger, Reif, & Würschum, 2014).

Гібриди відзначаються покращеними агрономічними характеристиками підвищеною якістю зерна (Gupta, et al., 2019), більш ефективним використанням поживних речовин та розвиненішою кореневою системою а також підвищеною стійкістю до біо- і абіотичних стресових факторів, що робить їх більш адаптованими до змін клімату та несприятливих умов навколишнього середовища (Singh, Chatrath, & Misra, 2010).

Для успішної гетерозисної селекції пшениці велике значення має морфологічна характеристика суцвіття – здатністю генотипу до викидання пиляків за межі колоскових лусок. Інтенсивне викидання пиляків забезпечує ефективне перехресне запилення самоzapильної культури, що робить генотип перспективним батьківським компонентом для виробництва гібридного насіння.

Відомо, що рівень екструзії пиляків у пшениці має полігенну природу та контролюється комплексом морфологічних та фізіологічних особливостей будови

квітки, зокрема, довжиною тичинкових ниток, розкриванням квіткових лусок та інтенсивністю пилюкостворення.

У результаті дослідження 92 сортів і колекційних зразків пшениці м'якої озимої (рис. 3.1) за ознакою викидання пиляків з квіток колосу (Додаток А) встановлено, що лише один зразок – сорт Перлина Лісостепу – характеризувався мінімальним рівнем екструзії (3 бали), що свідчить про майже повну відсутність їхнього виходу за межі квіткових лусок. Більшість генотипів (31 сорт і зразок) характеризувались рівнем 7 балів. Максимальне значення показника (9 балів) встановлено у чотирьох зразків – Пам'яті Гірка, Співанка Поліська, Ефектна та Еміл. Таким чином, за результатами досліджень встановлено, що сучасні сорти пшениці м'якої озимої, занесені до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні, а також колекційні зразки характеризуються рівнем викидання пиляків у межах 3–9 балів, що вважається перспективним для їх використання у програмах гетерозисної селекції.

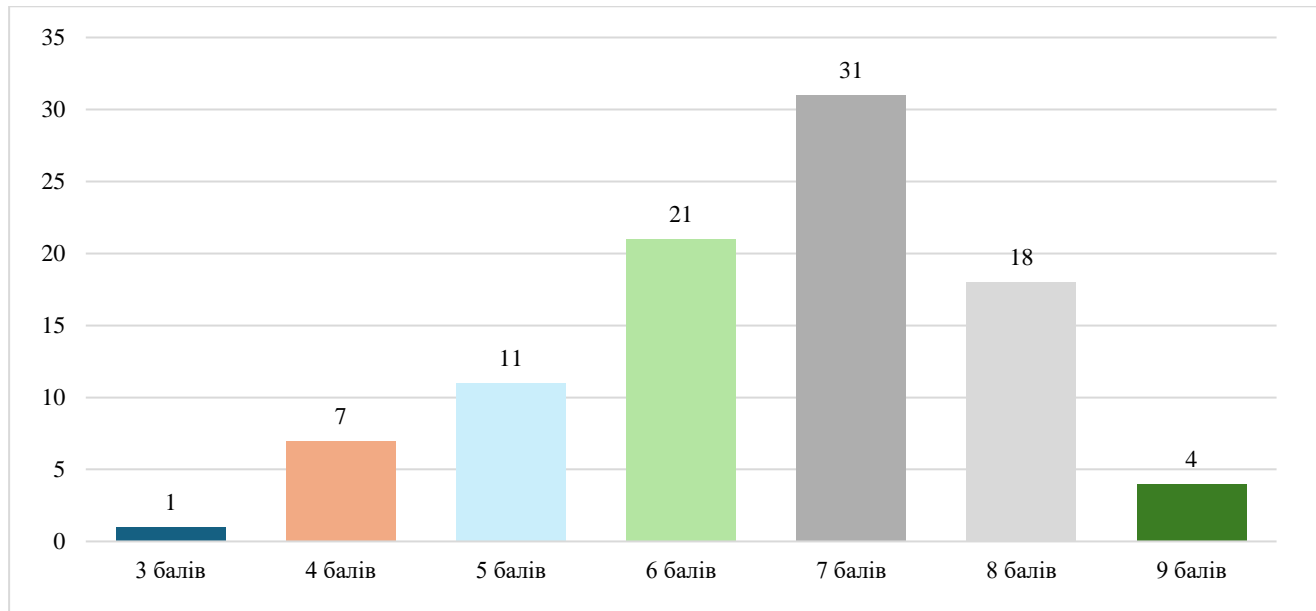


Рисунок 3.1 – Розподіл сортів та колекційних зразків пшениці м'якої озимої за рівнем викиданням пиляків

Слід зазначити, що інтенсивність викидання пиляків не є самодостатнім показником селекційної цінності батьківських форм. Водночас у поєднанні з іншими морфо-біологічними ознаками та показниками комбінаційної здатності

вона може ефективно використовуватися як критерій попередньої оцінки вихідного матеріалу.

За результатами польових досліджень колекційних зразків відібрано 11 генотипів різного походження (табл. 3.1), які за сукупністю морфо-біологічних характеристик віднесено до перспективного вихідного матеріалу для формування жіночого та чоловічого пулів батьківських компонентів у системі гетерозисної селекції пшениці. Основними критеріями відбору були показники інтенсивності екструзії пиляків, висота рослин, терміни колосіння та комплекс інших господарсько-цінних ознак.

Таблиця 3.1 – Оцінка перспективних батьківських компонентів пшениці м'якої озимої за морфо-біологічними ознаками, 2022 р.

№	Сорт	Викидання пиляків, бал	Висота рослин, см	Тривалість періоду «1 січня - колосіння»	НДІ	Рік державної реєстрації
1	Altigo	8	71,0	144,0	LG Seeds	2016
2	Mescal	5	74,0	148,0		2016
3	Urbanus	7	73,0	146,0	SAATBAU	2018
4	Achim	6	78,0	149,0	SAATEN-UNION	2018
5	Лірика Білоцерківська	6	84,5	143,5	Білоцерківська дослідно-селекційна станція Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН	2020
6	Соборна	8	70,0	140,0	Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України	2019
7	Метелиця Харківська	6	82,0	147,0	Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва Національної академії аграрних наук України	2020
8	Зореслава	6	81,0	143,0	Інститут фізіології рослин і генетики Національної академії наук України	2017
9	Київська 17	8	81,5	144,5		2020
10	Ювілейна Патона	6	86,5	146,5		2020
11	Тайра	8	70,5	141,5	Фермерське господарство «Бор»	2018

У таблиці 3.2 наведено результати оцінювання рівня викидання (екструзії) пиляків за балами відповідно до VAEX-методики (Whitford, Fleury, Reif, & Garcia, 2013) за шкалою від 1 до 9 балів (де 9 – максимальний прояв ознаки) для батьківських компонентів та сортів-стандартів за три роки досліджень (2023–2025). Найвищу та стабільну оцінку екструзії пиляків серед батьківських компонентів отримала лінія Соборна ( $8,0 \pm 0,0$  балів), що свідчить про її високу та стабільну пилкоутворюючу здатність. Високі середні значення показника ( $7,7 \pm 0,6$ ) при низькому коефіцієнті варіації (7,5 %) встановлено у ліній Altigo, Київська-17 та Тайра. Зразок Mescal хоч і характеризувався найнижчим ( $5,3 \pm 0,6$ ) середнім рівнем відкритого цвітіння, проте цей показник залишається на достатньому рівні та за може бути підвищеним в результаті подальшої селекційної роботи.

Таблиця 3.2 – Оцінка колекційних зразків пшениці м'якої озимої за інтенсивністю екструзії пиляків, 2023–2025 рр.

Зразок	Інтенсивність екструзії пиляків, бал				V, %
	2023	2024	2025	$\bar{x} \pm S \bar{x}$ , см	
Батьківські компоненти					
Achim	6,0	6,0	6,0	$6,0 \pm 0,0^*$	0,0
Altigo	8,0	7,0	8,0	$7,7 \pm 0,6^*$	7,5
Mescal	5,0	5,0	6,0	$5,3 \pm 0,6^*$	10,8
Urbanus	7,0	7,0	8,0	$7,3 \pm 0,6$	7,9
Зореслава	6,0	7,0	7,0	$6,7 \pm 0,6$	8,7
Київська 17	8,0	7,0	8,0	$7,7 \pm 0,6^*$	7,5
Лірика Білоцерківська	6,0	7,0	7,0	$6,7 \pm 0,6$	8,7
Метелиця Харківська	6,0	8,0	7,0	$7,0 \pm 1,0$	14,3
Соборна	8,0	8,0	8,0	$8,0 \pm 0,0^*$	0,0
Тайра	8,0	7,0	8,0	$7,7 \pm 0,6^*$	7,5
Ювілейна Патона	6,0	7,0	7,0	$6,7 \pm 0,6$	8,7
Стандарти					
Нуасінт	7,0	7,0	8,0	$7,3 \pm 0,6$	7,9
МІП Фортуна	6,0	6,0	7,0	$6,3 \pm 0,6^*$	9,1
Подольнка	7,0	7,0	8,0	$7,3 \pm 0,6$	7,9
Престижна	6,0	6,0	7,0	$6,3 \pm 0,6^*$	9,1
Смуглянка	7,0	7,0	8,0	$7,3 \pm 0,6$	7,9
Хд	6,7	6,8	7,4	7,0	7,7
НІР <sub>05</sub>				0,4	

Примітка. Символом «\*» позначені – статистично значущі відмінності при 95% рівні достовірності.

Серед генотипів групи стандартів найвищі середні значення екструзії пиляків ( $7,3 \pm 0,6$  балів) виявлено у гетерозисного гібриду Hyacinth, що є закономірним з огляду на необхідність високої ефективності перехресного запилення у батьківських форм гібридів, а також у сортів лінійного походження Подолянка та Смуглянка. Загалом, середньогруповий показник викидання пиляків за період досліджень підвищився з 6,7 бала у 2023 році до 7,4 бала у 2025 році, що свідчить про стабільний прояв цієї ознаки у досліджуваного селекційного матеріалу.



Рисунок 3.2 – Прояв ознаки викидання пиляків у сортів пшениці м'якої озимої (ліворуч – Київська 17, праворуч – Лірика Білоцерківська)

Отримані результати дозволяють ідентифікувати такі генотипи, як Соборна, Altigo, Київська 17 та Тайра, як особливо перспективні для використання в програмах гетерозисної селекції пшениці м'якої озимої: вони можуть виступати ефективними батьківськими компонентами або джерелами високої пилкоутворюючої здатності.

## **3.2. Морфо-біологічна варіабельність та господарсько-цінні ознаки батьківських компонентів пшениці м'якої озимої**

### **3.2.1. Варіабельність морфо-біологічних ознак у батьківських компонентів**

Для формування ефективних батьківських пар у гібридній селекції необхідно здійснювати комплексну оцінку колекційних зразків з подальшим їх розподілом на материнський та батьківський пули, що є передумовою для визначення їхньої комбінаційної здатності. Відібрані компоненти повинні забезпечувати високий технологічний рівень проведення гібридизації та насінневої продуктивності, а також виступати донорами цінних господарсько-біологічних ознак у гібридних потомствах.

Синхронізація цвітіння є одним із основних критеріїв добору батьківських компонентів для схрещування при створенні потенційного гібрида. Серед досліджуваних сортів найкоротший період «1 січня - колосіння» відзначено у сорту Соборна із середнім значенням  $140,9 \pm 2,0$  діб (рис. 3.3, Додаток Б.1), що характеризує його як найбільш ранньостиглий у досліджуваній вибірці. До групи дуже ранніх також належать сорти Тайра ( $142,0 \pm 2,2$  діб) та Київська 17 ( $144,8 \pm 1,3$  діб). Останній відзначається високою стабільністю прояву ознак між роками, про що свідчить найнижчий коефіцієнт варіації (0,9 %) серед усіх зразків. Цінними для формування ранньостиглих гібридів також є сорти Зореслава ( $144,9 \pm 2,5$  діб), Лірика Білоцерківська ( $144,1 \pm 1,7$  діб) та Altigo ( $145,5 \pm 2,3$  діб), які поєднують ранній термін колосіння з високою стабільністю прояву ознаки (коефіцієнт варіації 1,2 %–1,7 %). Більш пізньостиглим серед сортів є Achim ( $153,0 \pm 3,9$  діб) та Ювілейна Патона ( $148,8 \pm 3,0$  діб), що обмежує можливості їх комбінування з ранніми формами без застосування додаткових агротехнічних прийомів для синхронізації цвітіння.

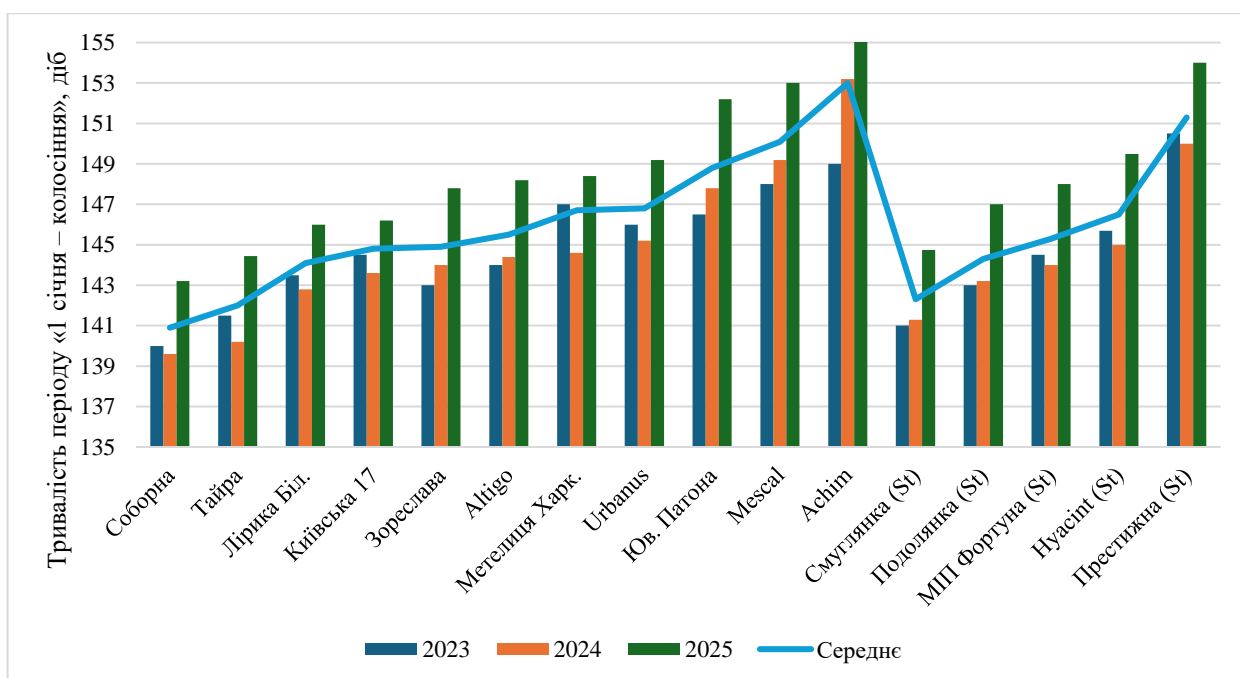


Рисунок 3.3 – Тривалість періоду «1 січня – колосіння» батьківських компонентів, 2023–2025 рр.

Серед сортів-стандартів найбільш раннім виявився сорт Смоглянка ( $142,3 \pm 2,2$  діб), строки колосіння якого практично збігаються з ранніми сортами Соборна та Тайра. Стандарти Подолянка ( $144,3 \pm 2,3$  діб) та МПФ Фортуна ( $145,3 \pm 2,3$  діб) також належать до ранньостиглої групи. Стандарт Престижна ( $151,3 \pm 2,3$  діб), як і при аналізі висоти рослин характеризувався найпізнішим розвитком, формуючи групу пізньостиглих зразків разом із сортом Achim.

Таким чином, для проведення ефективної гібридизації з оптимальною синхронізацією цвітіння найбільший інтерес становлять ранньостиглі та стабільні сорти: Соборна, Тайра, Київська 17, Зореслава, Лірика Білоцерківська та Altigo. Вони можуть ефективно комбінуватися між собою або з ранніми стандартами (Смоглянка, Подолянка). Пізньостиглі форми, зокрема Achim та Ювілейна Патона, потребують більш ретельного планування при включенні у схеми схрещувань для досягнення синхронності цвітіння з іншими компонентами.

Для підвищення ймовірності перехресного запилення жіночі рослини повинні бути нижчими за чоловічі, оскільки пилок осідає під дією сили тяжіння (Garst, et al., 2023), тоді, як високоросле стебло чоловічої форми сприяє ефективнішому розсіюванню пилку у просторі.

Аналіз даних висоти рослин за період 2023–2025 років (рис. 3.4, Додаток Б.1) дозволив класифікувати сорти за цим показником з метою оптимального підбору батьківських пар для схрещування. Серед досліджуваних генотипів найбільш перспективними для використання як материнські форми є представники низькорослої групи (66–80 см), зокрема сорти Altigo з середньою висотою  $73,4 \pm 3,5$  см та Achim –  $76,3 \pm 1,8$  см. Особливої уваги заслуговує сорт Achim, який характеризується високою стабільністю прояву ознаки, що підтверджується найнижчим коефіцієнтом варіації (2,4 %) серед усіх досліджуваних зразків. Знижена висота робить ці форми ефективними реципієнтами пилку від більш високорослих чоловічих форм.

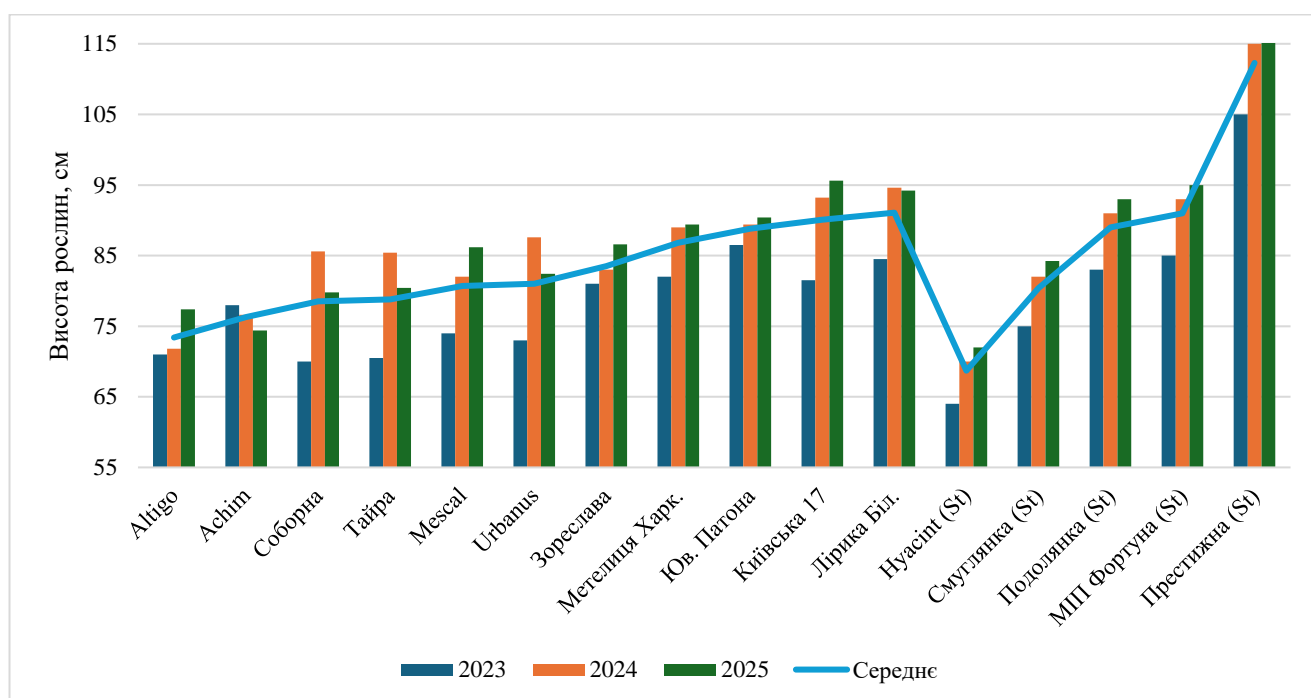


Рисунок 3.4 – Висота рослин батьківських компонентів, см, 2023–2025 рр.

Як потенційні чоловічі форми можуть розглядатися середньорослі сорти (81,0–95,0 см). Серед досліджуваних зразків виділяється високий і стабільний сорт Ювілейна Патона ( $88,8 \pm 2,0$  см), а також сорти Лірика Білоцерківська ( $91,1 \pm 5,7$  см) та Київська 17 ( $90,1 \pm 7,5$  см), хоча два останні характеризуються дещо більшою мінливістю ознаки за роками.

Серед стандартів також спостерігається розподіл за групами висоти. Стандарт Нуасінт ( $68,7 \pm 4,2$  см), що належить до низькорослої групи, може

використовуватися як еталон при селекції низькорослих жіночих ліній. Більшість інших стандартів, зокрема МПП Фортуна ( $91,0 \pm 5,3$  см), Подолянка ( $89,0 \pm 5,3$  см) та Смуглянка ( $80,4 \pm 4,8$  см), характеризуються висотою, типовою для середньорослої групи, що забезпечує надійну основу для порівняльної оцінки. При цьому стандарт Престижна, будучи високорослим, додатково підкреслює актуальність селекції на зниження висоти стебла.

Більшість досліджуваних батьківських компонентів та сортів-стандартів характеризуються високим та стабільним рівнем польової схожості (Додаток Б.2). Це підтверджується середніми значеннями на рівні  $9,0 \pm 0,0$  балів для таких компонентів, як Altigo, Mescal, Urbanus, Київська 17, Соборна, Тайра, Ювілейна Патона, а також для усіх сортів-стандартів. Отримані результати свідчать про високу енергію проростання насіння та його стійкість до несприятливих факторів підвищеної вологості ґрунту на початкових етапах вегетації. Дещо нижчі, але все ще високі середні значення польової схожості відзначено у зразків Зореслава ( $8,7 \pm 0,4$ ) та Лірика Білоцерківська ( $8,7 \pm 0,6$ ). Найнижчий показник серед батьківських форм зафіксовано у компонента Achim ( $8,5 \pm 0,5$ ), що може свідчити про його дещо вищі вимоги до умов посіву або меншу енергію проростання насіння.

Згідно до оцінки зимостійкості (табл. 3.3, Додаток Б.2) виявлено виражену диференціацію між зразками. Серед батьківських компонентів вищі показники зимостійкості відзначено у сортів Зореслава, Київська 17, Лірика Білоцерківська, Соборна та Тайра із середніми балами в межах 8,8–8,9 та мінімальним рівнем варіації ( $V=1,1-3,9\%$ ). Це свідчить про генетично детерміновану стійкість цих генотипів до дії низьких температур та інших несприятливих факторів зимового періоду. Компоненти Altigo, Mescal та Urbanus також характеризуються високими показниками зимостійкості ( $8,7 \pm 0,3-0,5$  бала). Найнижчі значення серед батьківських форм зафіксовано у сортів Achim ( $8,1 \pm 0,9$  бала) та Ювілейна Патона ( $8,1 \pm 0,1$  бала), що обмежує їхнє використання в схемах схрещування, орієнтованих на регіони з підвищеним ризиком перезимівлі.

Таблиця 3.3 – Оцінка зимостійкості та стійкості проти збудників листових хвороб пшениці м'якої озимої

Назва зразка	Зимостійкість, бал	Ураження збудником септоріозу, %	Ураження збудником борошнистої роси, %
Батьківські компоненти			
Achim	8,1±0,9*	12,0±7,8*	4,3±5,1
Altigo	8,7±0,3	21,3±14,2	7,7±9,3
Mescal	8,7±0,3	22,0±16,1	7,7±10,8
Urbanus	8,7±0,5	40,0±5,6*	11,7±16,1
Зореслава	8,9±0,2	17,3±8,3	13,7±7,1
Київська 17	8,9±0,1	13,7±7,8*	22,5±22,1*
Лірика Біл.	8,8±0,3	27,8±14,4	11,0±6,6
Метелиця Харк.	8,6±0,2	31,0±14,2	19,3±17,9*
Соборна	8,9±0,2	27,0±17,5	16,7±15,3
Тайра	8,9±0,1	34,4±3,9	12,3±8,7
Ювілейна Патона	8,1±0,1*	24,7±21,0	6,0±5,2
Стандарти			
Нуасінт	8,2±0,3*	34,7±16,0	4,3±5,1
МПП Фортуна	9,0±0,0*	31,3±14,6	4,3±5,1
Подольянка	9,0±0,0*	25,8±12,3	16,7±9,1
Престижна	9,0±0,0*	41,7±19,6*	4,3±5,1
Смуглянка	9,0±0,0*	31,3±14,6	17,1±8,6

Примітка. Символом «\*» позначені – статистично значущі відмінності при 95% рівні достовірності.

Стійкість до септоріозу. За результатами досліджень (табл. 3.3, Додаток Б.3) виявлено значну мінливість рівня ураження збудником септоріозу серед досліджуваного матеріалу. Найбільш стійкими серед батьківських компонентів виявилися Achim (12,0±7,8 %), Київська 17 (13,7±7,8 %) та Зореслава (17,3±8,3 %). Зазначені форми мають найнижчі середні показники ураження, хоча і характеризуються середнім рівнем варіації за роками досліджень. Більшу сприйнятливість до збудника септоріозу проявили компоненти Urbanus (40,0±5,6 %) та Тайра (34,4±3,9 %). Серед сортів-стандартів найменший рівень

ураження відзначено у сорту Подолянка ( $25,8 \pm 12,3$  %), тоді як найбільший – у сорту Престижна ( $41,7 \pm 19,6$  %).

За результатами оцінки стійкості проти збудника борошнистої роси (табл. 3.3, Додаток Б.3) найнижчий рівень ураження серед батьківських форм встановлено у компонентів Achim ( $4,3 \pm 5,1$  %), Ювілейна Патона ( $6,0 \pm 5,2$  %) та Altigo ( $7,7 \pm 9,3$  %).

Водночас ці показники супроводжуються дуже високим рівнем мінливості ( $V=86,6-121,2$  %), що свідчить про значну залежність прояву ознаки від погодних умов конкретного року. Відносно стійкими та більш стабільними є компоненти Зореслава ( $13,7 \pm 7,1$  %,  $V=51,9$  %) та Тайра ( $12,3 \pm 8,7$  %,  $V=70,8$  %). Найвищу сприйнятливість до збудника борошнистої роси виявлено у зразків Київська 17 ( $22,5 \pm 22,1$  %) та Метелиця Харківська ( $19,3 \pm 17,9$  %). Серед сортів-стандартів найвищу стійкість проявили Нуасінх, МПП Фортуна та Престижна з однаковим середнім рівнем ураження –  $4,3 \pm 5,1$  %, хоча ці показники також характеризуються значною варіацією.

### **3.2.2. Структура продуктивності колоса у батьківських компонентів**

Елементи структури врожаю – це морфологічні характеристики рослини, які безпосередньо формують рівень урожайності. До найважливіших з них належать довжина колоса, кількість колосків у колосі, кількість зерен з колоса, маса зерна з колоса та маса 1000 зерен. Кожен з цих показників відіграє специфічну роль у формуванні кінцевого рівня продуктивності.

Довжина колоса є одним із перших морфологічних показників, що дозволяє оцінити потенційну продуктивність колосової частини рослини. Як правило зі збільшенням довжини колоса зростає кількість колосків, а відповідно і потенційна кількість зерен. Однак довжина колоса не завжди прямо корелює з рівнем продуктивності, оскільки важливе значення має ступінь його озерненості (Basnet, та ін., 2022) (Gupta, et al., 2019).

Кількість колосків у колосі є важливою характеристикою, адже кожен колосок може містити кілька квіток, здатних формувати зерно. Відповідно зі збільшенням кількості колосків зростає потенціал формування зерен. Цей показник визначається як генетичними особливостями сорту, так і умовами вирощування.

Кількість зерен з одного колоса відображає загальний рівень продуктивності колоса. Значення цього показника залежить від кількості колосків та кількості зерен у кожному з них. Відповідно, збільшення кількості зерен сприяє підвищенню потенційної урожайності рослини. Водночас важливо враховувати не лише їх кількість, але й масу та якість сформованих зерен (Kyrylenko, та ін., 2021) (Garst, та ін., 2023).

Маса зерна з колоса є інтегральним показником, що поєднує кількість та розмір зерен. Цей параметр дозволяє оцінити ефективність процесів наливу зерна. Високе значення маси зерна свідчить про сприятливі умови росту, достатнє забезпечення рослин вологою та елементами живлення, а також про високу здатність генотипу формувати повноцінне зерно.

Маса 1000 насінин є стандартним показником для оцінки крупності та якості зерна. Вона залежить від генетичних особливостей сорту, інтенсивності процесів наливу зерна, умов вирощування та системи удобрення. Підвищена маса 1000 зерен зазвичай свідчить про добрий налив зерна та високий вміст запасних речовин (Kyrylenko, та ін., 2021) (Basnet, та ін., 2022).

Довжина колоса. Серед батьківських компонентів лише Mescal з середньою довжиною  $10,8 \pm 0,5$  см достовірно перевищив показники всіх сортів-стандартів (табл. 3.4, Додаток Б.4), максимальне значення серед яких зафіксовано у сорту Престижна ( $10,2 \pm 0,2$  см). Інші компоненти з довжиною колоса 9,5–9,9 см (Achim, Метелиця Харківська, Київська 17, Ювілейна Патона) є конкурентоспроможним порівняно зі стандартами, показники яких знаходяться у межах 8,5–10,2 см. Водночас компоненти Altigo ( $8,0 \pm 0,5$  см), Тайра ( $7,9 \pm 0,5$  см) та Соборна ( $8,1 \pm 0,1$  см) формують істотно коротші колоси порівняно зі стандартами, що може обмежувати їх використання як джерел цієї ознаки. Важливо зазначити, що сорти-стандарті відрізняються високою стабільністю довжини колоса ( $V = 1,8$  %), тоді як

серед батьківських компонентів подібну стабільність демонструє лише сорт Соборна ( $V = 1,0\%$ ).

Таблиця 3.4 – Елементи структури продуктивності колоса батьківських компонентів

Назва зразок	Довжина колосу, см	Кількість колосків в колосі, шт	Щільність колосу	Кількість зерен з колоса, шт	Маса зерен з колосу, г	Маса 1000 зерен, г
Батьківські компоненти						
Achim	9,9±0,7*	18,0±1,7	17,1±0,6	61,1±10,1*	2,9±0,9	48,6±10,7
Altigo	8,0±0,5*	16,3±0,8*	19,2±0,1*	42,8±3,9*	2,2±0,2*	50,0±4,4
Mescal	10,8±0,5*	19,1±1,9*	16,8±1,5*	69,8±13,0*	3,0±0,3*	43,7±10,0*
Urbanus	9,7±0,7*	16,7±1,1	16,2±1,7*	50,4±5,9	2,8±0,3	51,8±5,1
Зореслава	9,1±0,3	17,2±0,6	17,8±1,0	45,1±1,4*	2,4±0,2*	52,4±4,6
Київська 17	9,5±0,5	15,3±1,3*	15,1±0,7*	49,8±5,1*	2,9±0,3	54,9±3,2*
Лірика Біл.	8,8±0,2*	15,3±0,5*	16,3±0,1*	51,7±2,6	2,6±0,2	50,4±2,4
Метелиця Харк.	9,7±0,3*	19,5±0,9*	19,1±0,5*	53,8±2,3	2,6±0,1	51,7±5,4
Соборна	8,1±0,1*	15,9±0,4*	18,4±0,6*	42,7±4,7*	1,8±0,4*	46,4±11,2
Тайра	7,9±0,5*	15,5±0,4*	18,3±0,7*	46,2±2,0*	2,2±0,1*	50,2±3,1
Ювілейна Патона	9,7±0,2*	20,4±2*	20,0±2*	63,9±2,6*	3,4±0,3*	52,6±3,1
Стандарти						
Нуасінт	9,7±0,2*	18,0±0,5	17,5±0,5	60,8±1,7*	2,6±0,3	42,9±3,3*
МІП Фортуна	8,9±0,2*	17,0±0,4	17,9±0,5	54,1±1,5	2,7±0,3	50,4±3,9
Подольнка	9,0±0,2	17,0±0,4	17,9±0,5	46,7±1,3*	2,4±0,2	52,3±4,0
Престижна	10,2±0,2*	18,0±0,5*	16,7±0,5*	55,3±1,6	3,6±0,4*	64,4±4,9*
Смуглянка	8,5±0,2*	16,4±0,4*	18,1±0,6	50,4±1,4	2,5±0,3	50,3±3,9

Примітка. Символом «\*» позначені – статистично значущі відмінності при 95% рівні достовірності.

Кількість колосків у колосі. За цією ознакою компонент Ювілейна Патона проявив вищий потенціал (20,4±2,0 шт.) порівняно з усіма сортами-стандартами (табл. 3.4, Додаток Б.4), показники яких варіюють у межах 16,4–18,0 шт. Вищі, або

близькі до стандартів значення також спостерігаються у зразків Метелиця Харківська ( $19,5 \pm 0,9$  шт.) та Mescal ( $19,1 \pm 1,9$  шт.). Компоненти Achim ( $18,0 \pm 1,7$  шт.) та Urbanus ( $16,7 \pm 1,1$  шт.) знаходяться на рівні середніх значень стандартів. Зразки Київська 17 ( $15,3 \pm 1,3$  шт.), Лірика Білоцерківська ( $15,3 \pm 0,5$  шт.) та Тайра ( $15,5 \pm 0,4$  шт.) поступаються стандартам за кількістю колосків у колосі. Серед сортів-стандартів найбільшу кількість колосків формує Нуасінт ( $18,0 \pm 0,5$  шт.), а найменшу – сорт Смуглянка ( $16,4 \pm 0,4$  шт.).

Найвищий показник щільності колоса зафіксовано у компонента Ювілейна Патона ( $20,0 \pm 2,0$ ) (табл. 3.4, Додаток Б.4), що перевищує значення всіх сортів-стандартів, для яких цей показник варіює у межах 16,7–18,1. Компонент Altigo ( $19,2 \pm 0,1$ ) проявляє не лише високий рівень щільності колоса, але й її стабільність за роками, що підтверджується мінімальним коефіцієнтом варіації ( $V = 0,5 \%$ ). Це свідчить про генетично детермінований компактний тип колоса, незалежний від умов середовища.

Підвищену щільністю колоса також формують Метелиця Харківська ( $19,1 \pm 0,5$ ) та Тайра ( $18,3 \pm 0,7$ ), які за цим показником відповідають або перевершують рівень стандартів. Натомість компоненти Київська 17 ( $15,1 \pm 0,7$ ) та Лірика Білоцерківська ( $16,3 \pm 0,1$ ) формують більш рихлу структуру колоса, поступаючись значенням стандартів. Таким чином, зразки Ювілейна Патона та Altigo можна розглядати як цінні джерела ознаки високої та стабільної щільності колоса.

Найвище значення кількості зерен з колоса встановлено у зразка Mescal –  $69,8 \pm 13,0$  шт. (табл. 3.4, Додаток Б.5). Високі та статистично достовірні показники також виявлено у зразків Ювілейна Патона ( $63,9 \pm 2,6$  шт.), Achim ( $61,1 \pm 10,1$  шт.) та стандарту Нуасінт ( $60,8 \pm 1,7$  шт.). Найнижчі середні значення цієї ознаки виявлено у зразків Соборна ( $42,7 \pm 4,7$  шт.) та Altigo ( $42,8 \pm 3,9$  шт.).

Коефіцієнт варіації ( $V$ ) свідчить про різний рівень стабільності ознаки впродовж трьох років. Найменша мінливість характерна для зразка Зореслава ( $V=3,1 \%$ ), що свідчить про високу стабільність формування кількості зерен незалежно від умов року. Найбільша варіабельність була характерна для Mescal

( $V=18,7\%$ ) та Achim ( $V=16,5\%$ ), що вказує на значну залежність їх продуктивності від конкретних агрокліматичних умов вегетаційного періоду.

Найвище середньорічне значення маси 1000 зерен (табл. 3.4, Додаток Б.5) зафіксовано у стандарту Престижна ( $64,4\pm 4,9$  г), що є статистично значущим результатом та свідчить про його високий потенціал у формуванні крупного зерна. Серед батьківських компонентів високі значення показника виділено у зразків Київська 17 ( $54,9\pm 3,2$  г) та Ювілейна Патона ( $52,6\pm 3,1$  г). Найнижчі значення виявлено у зразків Mescal ( $43,7\pm 10,0$  г) та Соборна ( $46,4\pm 11,2$  г), причому останній має найвищий коефіцієнт варіації серед досліджених генотипів ( $V=24,2\%$ ), що свідчить про значну залежність прояву від умов року.

Важливо відзначити, що окремі генотипи з високою кількістю зерен у колосі (наприклад, Mescal) мають відносно нижчу масу 1000 зерен, що може свідчити про певний компроміс між кількісними та ваговими характеристиками продуктивності колоса. Таким чином, маса 1000 зерен є не лише індикатором якості зерна, але й важливим селекційним критерієм при створенні високопродуктивних та стабільних сортів з оптимальним поєднанням елементів структури врожаю.

За результатами досліджень (табл. 3.4, Додаток Б.5) середнє значення маси зерна з колоса у батьківських компонентів варіювало в межах від  $1,8\pm 0,4$  г до  $3,4\pm 0,3$  г. Найвижчі та статистично достовірні показники виявлено у сортів Ювілейна Патона ( $3,4\pm 0,3$  г) та Mescal ( $3,0\pm 0,3$  г), що вказує на їх ефективність у формуванні врожаю на рівні окремого колоса. Найнижчий, показник зафіксовано у зразка Соборна ( $1,8\pm 0,4$  г), що свідчить про його відносно нижчий рівень продуктивності колоса. Найвищу стабільність ознаки за три роки досліджень проявили сорти Метелиця Харківська ( $V=3,7\%$ ) та Тайра ( $V=3,5\%$ ), що характеризує їхню здатність формувати стабільну масу зерна з колоса незалежно від зміни умов середовища. Натомість, найбільшу мінливість проявили зразки Achim ( $V=31,7\%$ ) та Соборна ( $V=23,2\%$ ), що вказує на значну залежність їх продуктивності від агрокліматичних умов року.

Важливим є співвідношення окремих елементів структури врожаю у формуванні підсумкової маси зерна з колоса. Наприклад, генотип Ювілейна Патона

забезпечує високий результат завдяки оптимальному поєднанню значної кількості зерен (63,9 шт.), та відносно високої маси 1000 зерен (52,6 г). Разом з тим, деякі зразки з високою кількістю зерен (наприклад, Mescal – 69,8 шт.) мають помірну масу 1000 зерен (43,7 г), що обумовлює дещо нижчу сумарну масу зерна з колоса.

### **3.2.3. Варіабельність показників якості зерна у батьківських компонентів**

За вмістом білку серед батьківських компонентів виділяється зразок Urbanus, який характеризується найвищим середнім показником –  $13,9 \pm 0,9$  % (табл. 3.5, Додаток Б.6). Цей показник є конкурентоспроможним порівняно з найкращими сортами-стандартами, хоча дещо поступається сорту Престижна ( $14,6 \pm 1,1$  %). Компоненти Achim ( $13,8 \pm 2,0$  %) та Mescal ( $13,2 \pm 2,1$  %) також демонструють підвищений вміст білку, але з більшою мінливістю між роками, що може свідчити про значний вплив умов формування зерна. Важливою перевагою окремих батьківських компонентів є висока стабільність вмісту білку. Зокрема, зразки Лірика Білоцерківська ( $13,1 \pm 0,4$  %,  $V=3,0$  %), Тайра ( $12,7 \pm 0,3$  %,  $V=2,2$  %) та Соборна ( $12,9 \pm 0,5$  %,  $V=3,7$  %) перевершують за стабільністю ознаки більшість сортів-стандартів. Компоненти Київська 17 та Ювілейна Патона мають середнє значення на рівні 12,5 %, що відповідає або дещо нижче показників таких стандартів, як Подолянка та Смуглянка.

Найвищий вміст сирої клейковини виявлено у сортів-стандартів Престижна ( $30,0 \pm 1,1$  %) та Нуасінт ( $30,0 \pm 2,3$  %) (табл. 3.5, Додаток Б.6). Серед батьківських компонентів найвищий результат встановлено у зразка Urbanus ( $28,3 \pm 1,4$  %). Дещо нижчий, але також високий рівень цієї ознаки проявив зразок Achim ( $28,1 \pm 2,5$  %), проте для нього характерна вища мінливість показника. Суттєвою перевагою окремих батьківських форм є висока стабільність прояву вмісту клейковини. Зокрема, низький рівень варіабельності ознаки встановлено у сортів Лірика Білоцерківська ( $27,5 \pm 0,3$  %,  $V=1,3$  %), Київська 17 ( $26,5 \pm 0,6$  %,  $V=2,3$  %) та Тайра

( $26,6 \pm 0,6$  %,  $V=2,1$  %), що свідчить про генетично зумовлений характер формування ознаки.

Таблиця 3.5 – Показники якості батьківських компонентів

Назва зразка	Вміст білку, %	Вміст сирової клейковини, %	Число падіння (метод Пертена-Хагберга), с	Седиментація, мл
Батьківські компоненти				
Achim	$13,8 \pm 2,0$	$28,1 \pm 2,5$	$379 \pm 25^*$	$41 \pm 5$
Altigo	$12,8 \pm 0,8$	$26,7 \pm 1,6$	$332 \pm 2$	$37 \pm 6$
Mescal	$13,2 \pm 2,1$	$26,7 \pm 1,7$	$427 \pm 38^*$	$45 \pm 6$
Urbanus	$13,9 \pm 0,9$	$28,3 \pm 1,4$	$249 \pm 36^*$	$36 \pm 11$
Зореслава	$13,1 \pm 2,3$	$26,8 \pm 1,6$	$389 \pm 36^*$	$40 \pm 12$
Київська 17	$12,5 \pm 0,8$	$26,5 \pm 0,6$	$256 \pm 71^*$	$36 \pm 9$
Лірика Біл.	$13,1 \pm 0,4$	$27,5 \pm 0,3$	$392 \pm 28^*$	$44 \pm 14$
Метелиця Харк.	$12,8 \pm 1,2$	$26,3 \pm 0,9^*$	$366 \pm 85$	$36 \pm 9$
Соборна	$12,9 \pm 0,5$	$26,5 \pm 0,7$	$348 \pm 47$	$41 \pm 9$
Тайра	$12,7 \pm 0,3$	$26,6 \pm 0,6$	$359 \pm 48$	$38 \pm 7$
Ювілейна Патона	$12,5 \pm 0,8$	$26,2 \pm 0,9^*$	$289 \pm 31^*$	$40 \pm 7$
Стандарти				
Нуасінт	$13,7 \pm 1,6$	$30,0 \pm 2,3^*$	$411 \pm 38^*$	$45 \pm 2$
МІП Фортуна	$12,1 \pm 0,7^*$	$26,8 \pm 1,0$	$249 \pm 8^*$	$39 \pm 8$
Подольнка	$12,3 \pm 0,7$	$26,3 \pm 1,0^*$	$369 \pm 52^*$	$41 \pm 9$
Престижна	$14,6 \pm 1,1^*$	$30,0 \pm 1,1^*$	$317 \pm 4$	$40 \pm 8$
Смуглянка	$12,2 \pm 0,7$	$27,1 \pm 1,0$	$265 \pm 27^*$	$37 \pm 7$

Примітка. Символом «\*» позначені – статистично значущі відмінності при 95% рівні достовірності.

Аналіз показників натури зерна (Додаток Б.7) виявив високу стабільність цієї характеристики протягом трьохрічного періоду дослідження. У батьківських компонентів середні значення натури зерна варіювали в межах 747–828 г/л. Більшість зразків проявляли статистично достовірне перевищення середнього рівня по колекційному розсаднику. Найвищі значення встановлено у сортів Київська 17 ( $828 \pm 19$  г/л), Тайра ( $818 \pm 25$  г/л), Соборна ( $798 \pm 18$  г/л) та Urbanus ( $799 \pm 20$  г/л). Коефіцієнти варіації були низькими і не перевищуючи 3,6 %, що свідчить про слабку залежність цієї ознаки від умов року. Серед сортів- стандартів аналогічне

достовірно перевищення середнього рівня відмічено у сортів МІП Фортуна ( $755 \pm 13$  г/л), Подолянка ( $762 \pm 13$  г/л) та Престижна ( $796 \pm 14$  г/л).

Показник числа падіння, що характеризує ферментативну активність борошна, виявив значну мінливість як між роками досліджень, так і між генотипами (табл. 3.5, Додаток Б.7). У батьківських компонентів середні значення коливалися від 249 до 427 с.. Статистично достовірно підвищені значення встановлено у ряду зразків: Mescal ( $427 \pm 38$  с), Лірика Білоцерківська ( $392 \pm 28$  с), Зореслава ( $389 \pm 36$  с), Achim ( $379 \pm 25$  с). Дещо нижчі, але також високі показники зафіксовано у сортів Urbanus ( $249 \pm 36$  с), Київська 17 ( $256 \pm 71$  с) та Ювілейна Патона ( $289 \pm 31$  с). При цьому коефіцієнти варіації були високими, досягаючи 27,8 % у Київської 17, що вказує на значний вплив погодних умов конкретного року на формування цього показника. Серед стандартів достовірно високими виявилися значення у Нуасінт ( $411 \pm 38$  с), Подолянка ( $369 \pm 52$  с), Смуглянка ( $265 \pm 27$  с) та МІП Фортуна ( $249 \pm 8$  с).

Середні значення показника седиментації у батьківських компонентів перебували у межах 36–45 мл (табл. 3.5, Додаток Б.7). Коефіцієнти варіації цієї ознаки були високими, особливо у сортів Лірика Білоцерківська (30,8 %), Urbanus (29,4 %) та Зореслава (28,8%), що підтверджує значну залежність показника від умов середовища. У групі стандартів найвищі та стабільні результати проявив гібрид Нуасінт ( $45 \pm 2$  мл) із коефіцієнтом варіації 3,4 %. Отримані результати свідчать, що показники натури зерна та числа падіння мають більш виражену генетичну детермінованість порівняно з показником седиментації, формування якого значною мірою залежить від умов вегетації.

#### **3.2.4. Врожайність батьківських компонентів**

Ефективність насінництва гібридів пшениці м'якої озимої значною мірою визначається двома основними характеристиками батьківських компонентів: здатністю формувати високий коефіцієнт розмноження (за рахунок продуктивного кущення) та стабільною врожайністю. Чим вищий коефіцієнт продуктивного

кущення, тим більшу кількість насіння можна отримати з однієї рослини за менших посівних площ, що прямо підвищує рентабельність насінницьких програм. Водночас високий рівень врожайності батьківських форм забезпечує накопичення достатніх обсягів насіннєвого матеріалу для промислового виробництва гібридів.

Серед батьківських компонентів найвищі середні значення коефіцієнта продуктивного кущення (табл. 3.6, Додаток Б.8) встановлено у сортів Соборна ( $3,0 \pm 0,9$ ), Тайра ( $3,0 \pm 1,2$ ) та Лірика Білоцерківська ( $2,8 \pm 0,3$ ). Важливо відзначити, що Лірика Білоцерківська виділяється високою стабільністю цієї ознаки ( $V=12,2\%$ ), що свідчить про генетично обумовлену здатність формувати стабільну густоту продуктивного стеблостою незалежно від умов року. Більшість інших компонентів формують коефіцієнт у межах 2,1–2,7, що відповідає типовим значенням для сучасних сортів пшениці. Порівняно зі стандартами, сорти Соборна та Тайра мають коефіцієнт кущення на рівні або дещо вищий ніж у стандартів Подолянка ( $2,9 \pm 0,9$ ) та Престижна ( $2,7 \pm 0,8$ ), але поступаються стандарту МІП Фортуна ( $4,0 \pm 1,2$ ).

Оцінка врожайності (табл. 3.6, Додаток Б.8) виявила, що жоден з батьківських компонентів не досягає рівня найпродуктивніших стандартів – МІП Фортуна ( $9,0 \pm 1,0$  т/га) та Престижна ( $8,8 \pm 0,9$  т/га). Найвищу врожайність серед батьківських компонентів сформували зразки Зореслава ( $7,0 \pm 1,1$  т/га), Київська 17 ( $7,1 \pm 1,8$  т/га) та Метелиця Харківська ( $6,9 \pm 0,6$  т/га), що становить приблизно 75–80 % від рівня врожайності стандартів. Важливою перевагою окремих батьківських форм є висока стабільність урожайності.

Зокрема, сорти Метелиця Харківська ( $V=8,4\%$ ), Лірика Білоцерківська ( $V=9,3\%$ ) та Соборна ( $V=10,8\%$ ) проявляють значно меншу варіабельність цього показника ніж навіть найпродуктивніші стандарти, у яких коефіцієнт варіації становить 10,6–10,9 %. Це вказує на їхню здатність стабільно реалізовувати свій продуктивний потенціал у різних умовах вирощування. Компоненти Асхім та Ювілейна Патона мають найнижчу середню врожайність (5,2 та 6,0 т/га відповідно) і водночас найбільшу її мінливість ( $V=52,6\%$  та  $35,1\%$ ).

Таблиця 3.6 – Показники врожайності батьківських компонентів

Назва зразка	Коефіцієнт продуктивного кущення		Врожайність, т/га	
	$\bar{x} \pm S \bar{x}$ , см	V, %	$\bar{x} \pm S \bar{x}$ , см	V, %
Батьківські компоненти				
Achim	2,1±0,8	39,3	5,2±2,7*	52,6
Altigo	2,2±0,5	24,0	5,5±0,7*	13,6
Mescal	1,9±1,2*	60,7	5,6±1,1	20,3
Urbanus	2,5±1,2	48,9	6,6±1,8	27,4
Зореслава	2,6±0,9	36,4	7,0±1,1	15,6
Київська 17	2,7±0,8	30,4	7,1±1,8	25,4
Лірика Біл.	2,8±0,3	12,2	6,8±0,6	9,3
Метелиця Харк.	2,7±0,8	27,9	6,9±0,6	8,4
Соборна	3,0±0,9	28,9	5,8±0,6	10,8
Тайра	3,0±1,2	39,0	6,3±1,2	18,5
Ювілейна Патона	2,2±0,6	29,5	6,0±2,1	35,1
Стандарти				
Нуасінт	2,3±0,7	30,7	3,7±0,4*	10,9
МІП Фортуна	4,0±1,2*	30,7	9,0±1,0*	10,6
Подольнка	2,9±0,9	30,7	6,5±0,7	10,6
Престижна	2,7±0,8	30,7	8,8±0,9*	10,6
Смуглянка	3,5±1,1*	30,7	7,1±0,8	10,6

Примітка. Символом «\*» позначені – статистично значущі відмінності при 95% рівні достовірності.

Отримані результати свідчать про перспективність використання досліджуваних колекційних зразків як джерел цінних господарських ознак у селекційних програмах з формування високогетерозисних комбінацій пшениці м'якої озимої.

### **3.3. Кореляційно-регресійний аналіз взаємозв'язку інтенсивності прояву викидання пиляків з господарсько-цінними ознаками**

Інтенсивність викидання пиляків у пшениці м'якої озимої є важливою характеристикою прояву чоловічої фертильності навіть у самозапильних форм. Даний показник має суттєве значення у селекції гібридної пшениці, оскільки

визначає ефективність пилкоутворення та потенційну здатність рослин до перехресного запилення. Рівень екструзії пиляків може впливати на формування генеративних органів, зокрема на кількість і масу зерен у колосі, а також опосередковано на рівень продуктивності. З метою встановлення взаємозв'язків між інтенсивністю викидання пиляків та основними господарсько-цінними ознаками проведено кореляційно-регресійний аналіз. Для досліджень обрано такі показники: довжина колоса, кількість колосків в колосі, маса 1000 зерен, кількість зерен в колосі та врожайність.

Аналіз кореляційних залежностей виявив, що між інтенсивністю викидання пиляків та врожайністю (рис 3.5) існує слабкий обернений зв'язок ( $r = -0,139$ ). Це свідчить, про тенденцію до незначного зменшення врожайності зі зростанням балу екструзії пиляків. Для кількісної характеристики цієї залежності проведено регресійний аналіз у результаті якого отримано рівняння лінійної регресії:

$$Y = 8,16 - 0,24 \cdot X,$$

де  $Y$  – врожайність, т/га;

$X$  – інтенсивність викидання пиляків, бал.

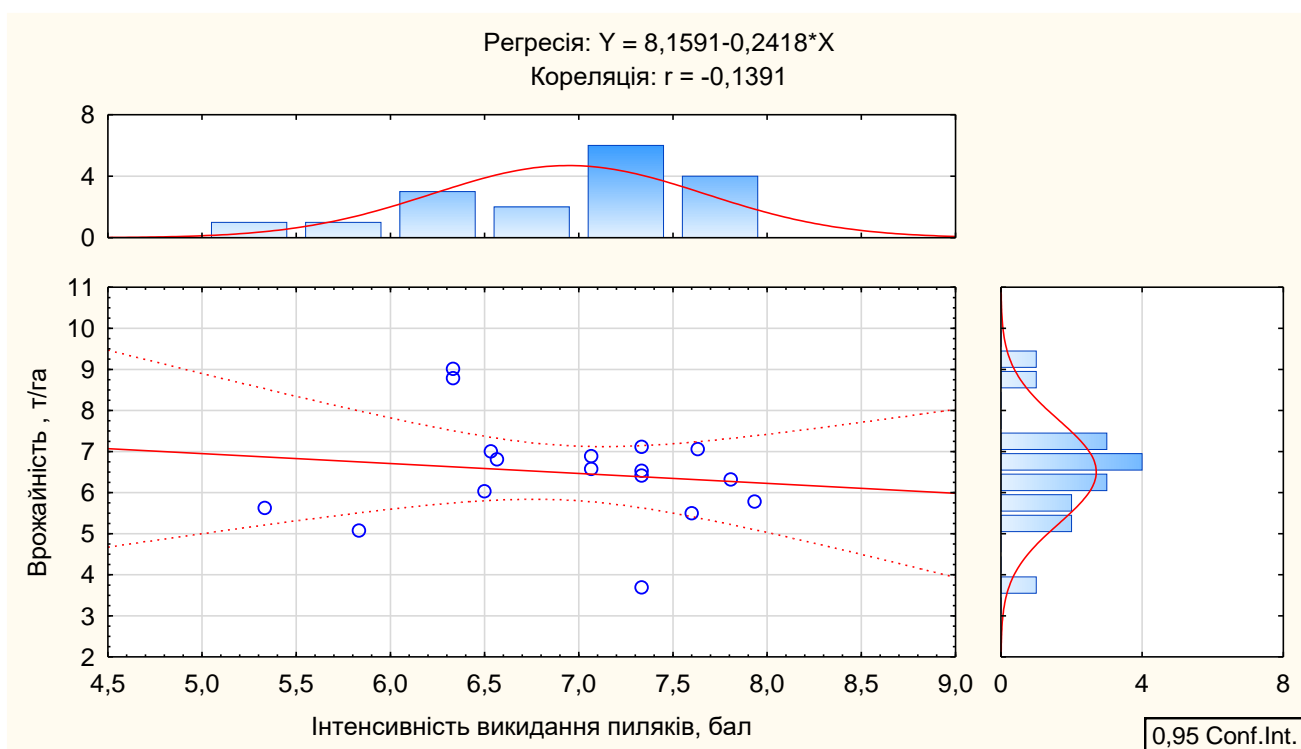


Рисунок 3.5 – Кореляційно-регресійна залежність між інтенсивністю екструзії пиляків та врожайністю

Значення коефіцієнту регресії ( $b = -0,24$ ) свідчить, про підвищення інтенсивності викидання пиляків на одну умовну одиницю супроводжується зниженням врожайності приблизно на 0,24 т/га. Разом з чим низьке значення коефіцієнту кореляції вказує на те, що дана ознака не є визначальним фактором формування врожайності.

Результати кореляційного аналізу (рис. 3.6) не виявили статистично достовірного зв'язку між масою 1000 зерен та інтенсивністю екструзії пиляків ( $r = -0,046$ ), що свідчить про незалежність цих ознак у досліджуваній вибірці генотипів.

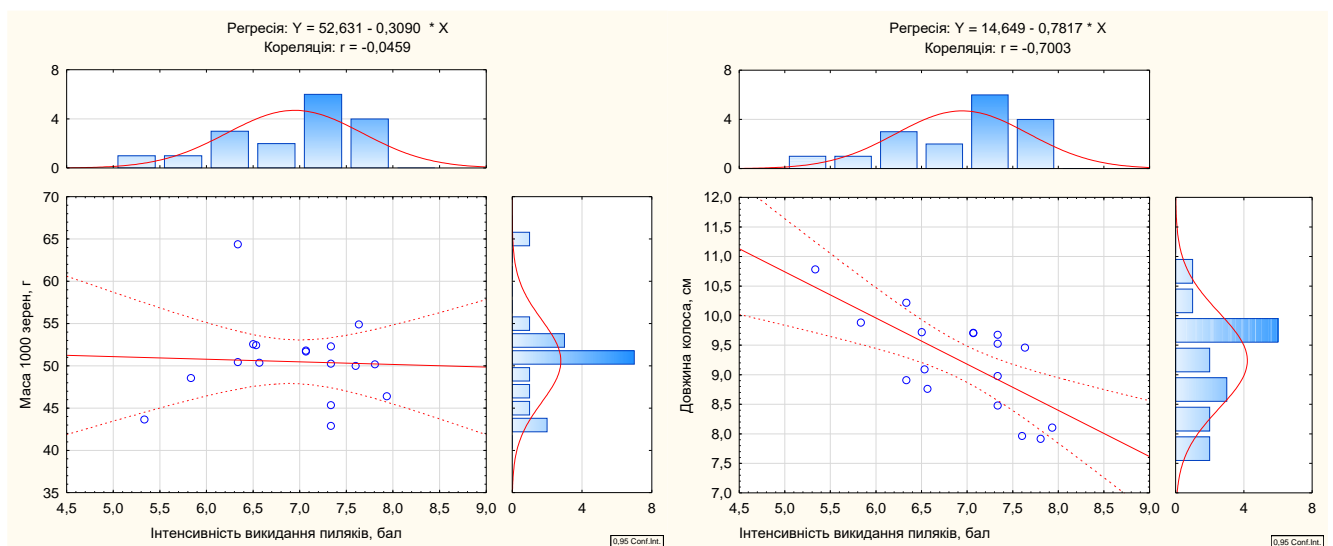


Рисунок 3.6 – Кореляційно-регресійна залежність між інтенсивністю екструзії пиляків, масою 1000 зерен та довжиною колоса

Водночас між довжиною колоса та інтенсивністю екструзії пиляків встановлено тісний кореляційний зв'язок оберненої залежності ( $r = -0,700$ ). Лінійна регресійна модель описує цей зв'язок таким чином: збільшення інтенсивності викидання пиляків на 1 бал прогнозує зменшення довжини колоса в середньому на 0,78 см.

Аналогічна тенденція спостерігається і для зв'язку між кількістю колосків у колосі та балом екструзії пиляків (рис. 3.7). Між цими ознаками встановлено помірний обернений кореляційний зв'язок ( $r = -0,553$ ). Результати регресійного аналізу свідчать, що збільшення інтенсивності викидання пиляків на 1 бал

статистично достовірно супроводжується зменшенням середньої кількості колосків у колосі на 1,13 одиниці.

Найбільш виражений негативний кореляційний зв'язок встановлено між показником екструзії пиляків та кількістю зерен у колосі ( $r = -0,621$ ). Відповідно до побудованої регресійної моделі: підвищення інтенсивності викидання пиляків на 1 бал прогнозовано призводить до зменшення кількості зерен у колосі на 7,12 одиниці.

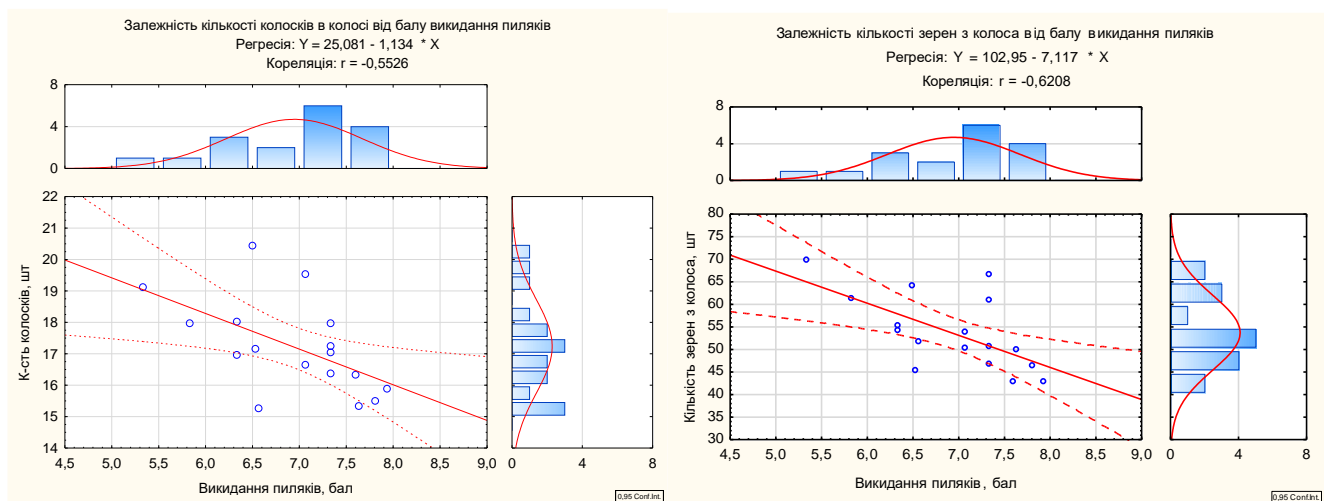


Рисунок 3.7 – Кореляційно-регресійна залежність між інтенсивністю екструзії пиляків, кількістю колосків та кількістю зерен в колосі

Аналіз побудованих кореляційно-регресійних моделей (рис. 3.5, 3.6, 3.7) вказує, що, незважаючи на загальну статистичну тенденцію, окремі сорти демонструють певні відхилення від лінії регресії. Це свідчить про те, що ознака інтенсивності екструзії пиляків не є єдиним детермінантом продуктивності, яка також значною мірою детермінована іншими морфо-біологічними особливостями генотипу та умовами вирощування.

Результати проведеного кореляційно-регресійного аналізу дозволили встановити, що інтенсивність викидання пиляків має різний ступінь взаємозв'язку з окремими морфологічними та продуктивними характеристиками рослин (табл. 3.7). Встановлено слабку негативну залежність між даною ознакою та врожайністю ( $r = -0,139$ ), відсутність зв'язку з масою 1000 зерен ( $r = -0,046$ ), а також помірні та сильні обернені кореляції з показниками структури колоса.

Таблиця 3.7 – Кореляції між інтенсивністю викидання пиляків та основними господарсько-цінними ознаками пшениці м'якої озимої

Ознака	Довжина колоса	Кількість колосків в колосі	Кількість зерен в колосі	Маса 1000 зерен	Урожайність
Інтенсивність викидання пиляків	-0,700*	-0,553*	-0,621*	-0,046*	-0,139*

Примітка. \* – достовірно при  $p \leq 0,05$

Отже, інтенсивність викидання пиляків, будучи важливою характеристикою чоловічої фертильності не виступає єдиним детермінуючим фактором формування продуктивності пшениці м'якої озимої, тому повинна розглядатися у комплексі з іншими морфо-біологічними та господарсько-цінними ознаками при доборі батьківських компонентів у селекції гібридної пшениці.

### 3.4. Кластеризація генотипів за селекційно-цінними ознаками

На основі отриманих експериментальних даних проведено кластерний аналіз батьківських компонентів пшениці м'якої озимої за комплексом агрономічно-важливих ознак – дата колосіння, висота рослин, бал викидання пиляків, продуктивне кущення, ступінь ураження збудниками хвороб, морфологічних характеристик колоса, маси та кількості зерен у колосі, маси 1000 зерен, натури зерна і врожайності. За результатами дослідження побудовано дендрограму (рис 3.8), яка відображає ступінь подібності між сортами та дозволяє виділити основні кластерні групи.

У результаті кластерного аналізу всі досліджені генотипи було розподілено на три основних групи.

До першої кластерної групи увійшли сорти Achim, Mescal та Ювілейна Патона. Вони характеризуються високими показниками продуктивності колосу та підвищеним рівнем урожайності. Водночас для цієї групи характерні нижчі порівняно з другою та третьою групами значенням балу викидання пиляків, а також дещо пізнішим періодом колосіння. На дендрограмі ці сорти формують окрему

гілку дендрограми, що вказує про їх значну агрономічну подібність. Поєднання високої продуктивності та відносної стабільності показників дозволяє розглядати генотипи цієї групи як перспективний вихідний матеріал для підвищення продуктивності гібридних комбінацій.

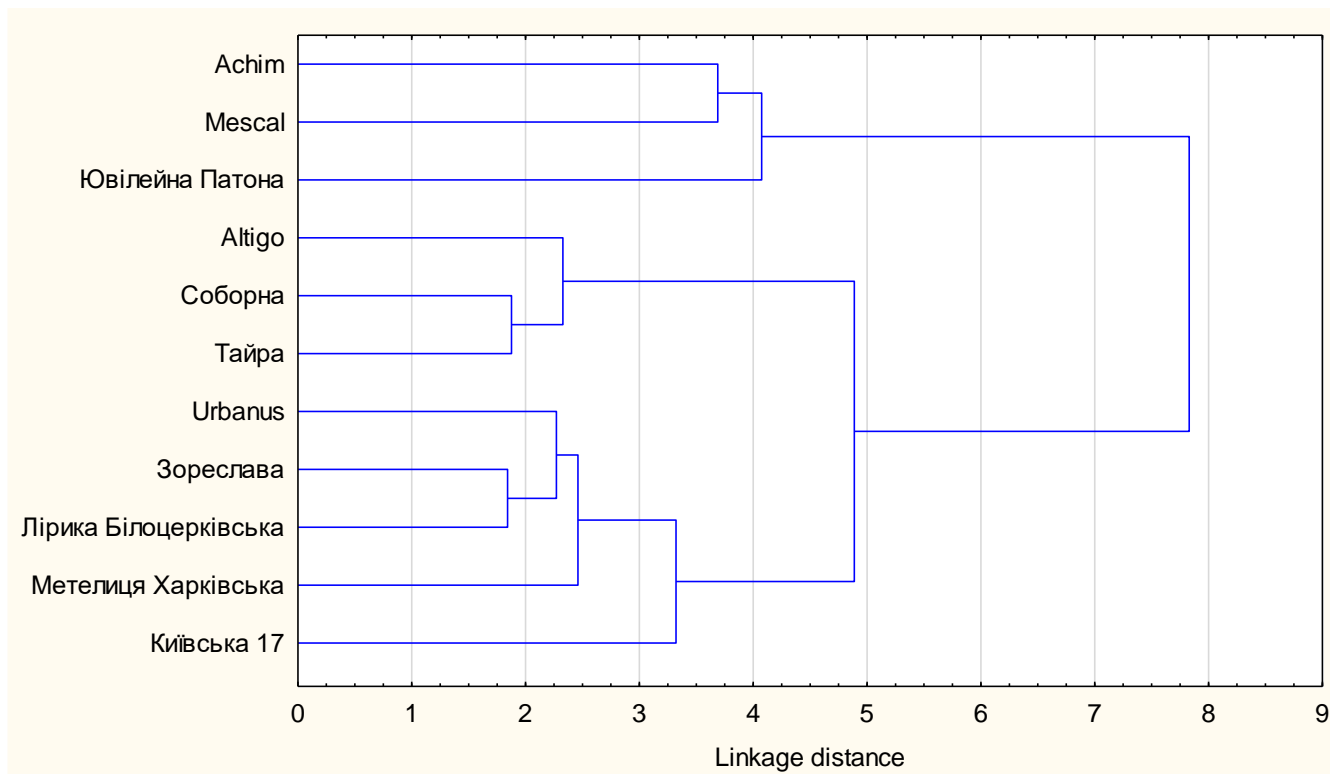


Рисунок 3.8 – Дендрограма кластерного аналізу батьківських компонентів пшениці м'якої озимої за комплексом ознак

Другу кластерну групу утворюють сорти Altigo, Соборна та Тайра. Для цих генотипів характерні дещо нижчі показники врожайності, однак вони відрізняються ранньостиглістю та відносною стабільністю морфо-біологічних показників. Зразки цієї групи мають найвищий рівень викидання пиляків серед досліджуваних зразків. Поєднання ранньостиглості з відносно меншою висотою рослин робить ці сорти перспективними для використання як материнські форми майбутніх гібридів у системі гетерозисної селекції. На дендрограмі вони формують центральний кластер, що відображає їх взаємну подібність та одночасне відокремлення від більш продуктивних генотипів першої групи.

До третьої, найбільш чисельної кластерної групи належать сорти Зореслава, Метелиця Харківська, Urbanus, Лірика Білоцерківська та Київська 17. Генотипи цієї

групи характеризуються певною різноманітністю показників, однак більшість із них мають помірні або високі значення коефіцієнта продуктивного кушення та підвищену натуру зерна. Крім того для цих сортів характерна значна висота рослин та відносно високий бал викидання пиляків. Таке поєднання ознак дозволяє розглядати їх як потенційні чоловічі форми. На дендрограмі сорти цієї групи розміщені у нижній частині, що свідчить про їх відмінність від генотипів перших двох кластерів, а також потенціал для створення адаптивних гібридів.

Отримані результати кластерного аналізу стали основою для підбору батьківських компонентів та формування схеми гібридизації (табл. 2.1). Виділення генотипів із різних кластерних груп дозволяє поєднувати у гібридних комбінаціях контрастні за комплексом господарсько-цінних ознак форми, що є важливою передумовою прояву гетерозисного ефекту.

Зокрема, сорти першої кластерної групи (Achim, Mescal, Ювілейна Патона), які характеризуються високими показниками продуктивності колоса та врожайності, були використані як чоловічі компоненти у схемах гібридизації. У свою чергу, генотипи другої групи (Altigo, Соборна, Тайра), що відзначаються ранньостиглістю, нижчою висотою рослин та високою інтенсивністю викидання пиляків, розглядаються як перспективні материнські компоненти для створення гібридів.

Генотипи третьої кластерної групи (Зореслава, Метелиця Харківська, Urbanus, Лірика Білоцерківська, Київська 17), які характеризуються високим коефіцієнтом продуктивного кушення, підвищеною натурою зерна та адаптивністю до умов вирощування, були залучені до схеми схрещувань як джерела адаптивних та морфо-біологічних ознак.

Таким чином, при формуванні схеми гібридизації було використано принцип поєднання генотипів із різних кластерних груп, що дозволяє максимально поєднати у гібридних комбінаціях високу продуктивність, адаптивність та комплекс господарсько-цінних ознак. У результаті було сформовано ряд перспективних гібридних комбінацій, у яких батьківські компоненти доповнюють один одного за основними морфо-біологічними та продуктивними характеристиками.

Для наступного етапу дослідження – визначення загальної та специфічної комбінаційної здатності батьківських компонентів та їх гібридів, на основі результатів кластерного аналізу, сформовано схему схрещувань колекційних зразків пшениці м'якої озимої за методом топкросів (табл. 3.8). Відповідно до цієї схеми створено 25 експериментальних гібридних комбінацій.

Таблиця 3.8 – Схема схрещувань колекційних зразків пшениці м'якої озимої методом топкросів

♀ \ ♂	Achim	Mescal	Ювілейна Патона	Urbanus	Лірика Білоцерківська	Київська 17
Altigo	+	+	+	+	+	+
Соборна	+	+	+	+	+	+
Тайра	+	+	+	+	+	+
Зореслава	+	+	+	+	+	+
Метелиця Харківська	+	+	+	+	+	+

Примітки: ♀ – материнська форма; ♂ – чоловіча форма

Отже, проведений кластерний аналіз не лише дозволив встановити рівень подібності між досліджуваними генотипами, але й став науковим обґрунтуванням підбору батьківських компонентів для створення гібридів пшениці м'якої озимої з підвищеним рівнем продуктивності та адаптивності.

### Висновки до розділу 3

На основі результатів досліджень, викладених у розділі 3, сформовано наступні висновки:

- у результаті комплексної оцінки колекційних зразків пшениці м'якої озимої встановлено значну мінливість морфо-біологічних та господарсько-цінних ознак, що свідчить про високий рівень генетичного різноманіття досліджуваного матеріалу та його придатність для використання у гетерозисній селекції;
- виявлено істотну диференціацію генотипів за інтенсивністю викидання (екструзії) пиляків, яка є важливим морфологічним маркером ефективності перехресного запилення. Більшість досліджених сортів характеризувалися середнім і високим рівнем прояву цієї ознаки (3–9 балів). Найбільш стабільний та

високий рівень викидання пиляків відзначено у сортів Соборна, Altigo, Київська 17 та Тайра;

3. аналіз морфо-біологічної варіабельності дозволив виділити генотипи, контрастні за строками колосіння, висотою рослин та елементами структури врожайності. Зокрема, ранньостиглі форми (Соборна, Тайра, Київська 17) можуть бути використані для забезпечення синхронізації цвітіння у гібридизаційних комбінаціях, а генотипи з контрастною висотою рослин – для формування материнських і батьківських компонентів.

4. кореляційний аналіз виявив статистично значущі взаємозв'язки між інтенсивністю викидання пиляків та окремими морфологічними ознаками. Встановлено обернений зв'язок цієї ознаки з довжиною колоса, кількістю колосків і зерен у колосі, що свідчить про певну морфо-фізіологічну компенсацію між ефективністю перехресного запилення та окремими елементами структури врожаю;

5. слабкий зв'язок між інтенсивністю викидання пиляків та врожайністю, а також відсутність зв'язку з масою 1000 зерен свідчать про необхідність комплексного врахування цієї ознаки разом з іншими продуктивними характеристиками у селекції;

6. за результатами кластерного аналізу досліджувані генотипи згруповано у три основні кластерні групи, які відрізняються селекційним профілем: високопродуктивні форми (Achim, Mescal, Ювілейна Патона); ранньостиглі низькорослі генотипи з високою екструзією пиляків (Altigo, Соборна, Тайра); а також генотипи з підвищеними показниками якості зерна та адаптивності (Зореслава, Urbanus, Київська 17);

7. на основі отриманих результатів морфо-біологічної оцінки, кластерного та кореляційного аналізу сформовано науково обґрунтований підхід до підбору батьківських компонентів для гібридизації, що передбачає поєднання генотипів із різних кластерних груп з метою створення високопродуктивних і адаптивних гібридів пшениці м'якої озимої.

## РОЗДІЛ 4. ПРОЯВ ГЕТЕРОЗИСУ ТА КОМБІНАЦІЙНА ЗДАТНІСТЬ БАТЬКІВСЬКИХ КОМПОНЕНТІВ ГІБРИДІВ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗА ГОСПОДАРСЬКО-ЦІННИМИ ОЗНАКАМИ

### 4.1. Прояв гетерозису та характер успадкування господарсько-цінних ознак гібридами F1

У сучасних умовах пшениця набуває стратегічного значення, особливо в контексті зростання її економічної та соціально-політичної ролі. Підвищення врожайності та нарощування обсягів виробництва зерна пшениці є надзвичайно актуальними завданнями, зважаючи на статус пшениці як основної хлібної культури в Україні. Продукти переробки зерна пшениці становлять основу харчування для понад 35 % населення світу (Шелепов, Гаврилюк, & Чебаков, 2007).

Гібридні форми пшениці проявляють низку господарсько-цінних ознак. Зокрема, вони забезпечують середній приріст урожайності до 2,05 т/га (що становить 10–20 % порівняно з лінійними сортами), поліпшення хлібопекарських властивостей зерна, ефективніше використання добрив, підвищену проникність кореневої системи в ґрунт, а також більшу інтенсивність і тривалість наливу зерна пшениці (Gowda, Kling, Wurschum, & Reif, 2010) (Longin, та ін., 2012). Крім того, гібриди відзначаються вищою стабільністю врожайності порівняно з лінійними сортами, що розширює їх придатність до вирощування в різних агроєкологічних умовах (Gowda, Kling, Wurschum, & Reif, 2010) (Muhleisen, Piepho, Maurer, Longin, & Reif, 2014).

Для пшениці озимої також підтверджено прояв гетерозису за ознаками стійкості до абіотичних та біотичних стресових факторів, зокрема морозостійкості, а також стійкості проти збудників бурої іржі, жовтої іржі, септоріозу та борошнистої роси (Longin, та ін., 2012). Серед додаткових переваг гібридів – підвищена стійкість до вилягання та рівномірна схожість рослин (Gupta, et al., 2019).

Попри складність насінництва гібридних форм, гетерозисна селекція розглядається як перспективний напрям у селекції пшениці, здатний суттєво

підвищити продуктивність культури та зробити вагомий внесок у забезпечення продовольчої безпеки України (Рябовол, Парій, Рябовол, Заболотна, & Діордієва, 2014).

У рамках дисертаційного дослідження проведено комплексну оцінку 25 експериментальних гібридів першого покоління (Додатки В1 – В14). Порівняння фенотипічних показників гібридів із вихідними батьківськими лініями дозволило визначити характер успадкування та інтенсивність домінування за основним селекційним ознакам. Ці дані стали основою для розрахунку параметрів гетерозису та виявлення перспективних батьківських компонентів та гібридних комбінацій.

У таблиці 4.1 наведено дані успадкування ознаки висоти рослин гібридним потомством. Значення істинного гетерозису (ГІ) досліджених експериментальних гібридів коливаються від 1,5 % до 23,8 %. Найвищий рівень ГІ спостерігався у гібридів Altigo/Лірика Білоцерківська (23,8 %), Зореслава/Ювілейна Патона (22,1 %) Тайра/Mescal (21,8 %) та Тайра/Ювілейна Патона (21,2 %). Найнижчі показники зафіксовано у комбінаціях Метелиця Харківська/Київська 17 (1,5 %) та Метелиця Харківська/Urbanus (2,0 %).

Таблиця 4.1 – Характер успадкування ознаки висота рослин у гібридів F<sub>1</sub> пшениці м'якої озимої, 2024-2025 рр.

Гібрид	ГГ, %	ГІ, %	Ступінь домінування	Клас домінування
Altigo/Mescal	0,5	6,9	0,7	ЧПД
Altigo/Urbanus	7,1	14,6	2,2	Г
Altigo/Київська 17	6,5	20,7	1,0	ЧПД
Altigo/Лірика Біл.	9,0	23,8	1,1	Г
Altigo/Юв. Патона	8,7	19,9	1,1	Г
Зореслава/Mescal	6,5	6,9	5,6	Г
Зореслава/Urbanus	16,0	19,1	12,8	Г
Зореслава/Київська 17	8,8	15,0	3,3	Г
Зореслава/Лірика Біл.	7,7	13,9	2,4	Г
Зореслава/Юв. Патона	18,5	22,1	6,6	Г
Метелиця Харк./Mescal	9,1	12,5	3,5	Г
Метелиця Харк./Urbanus	-0,6	2,0	0,9	ЧПД
Метелиця Харк./Київська 17	-1,4	1,5	1,2	Г
Метелиця Харк./Лірика Біл.	7,8	11,0	4,7	Г
Метелиця Харк./Юв. Патона	3,3	3,7	4,8	Г

Продовження таблиці 4.1

Соборна/Mescal	6,1	9,4	7,9	Г
Соборна/Urbanus	7,3	8,8	8,1	Г
Соборна/Київська 17	7,2	14,7	1,8	Г
Соборна/Лірика Біл.	6,1	13,7	1,5	Г
Соборна/Юв. Патона	9,5	14,4	2,1	Г
Тайра/Mescal	18,5	21,8	19,7	Г
Тайра/Urbanus	11,2	12,6	12,3	Г
Тайра/Київська 17	9,4	17,0	2,2	Г
Тайра/Лірика Біл.	11,7	19,5	2,3	Г
Тайра/Юв. Патона	16,3	21,2	3,4	Г
Х	8,4	13,9	4,5	

Примітка. Г – гетерозис (наддомінування), ЧПД – часткове позитивне домінування, ПУ – проміжне успадкування, ЧНУ – часткове негативне успадкування, Д – депресія.

Клас домінування ознаки переважно представлений гетерозисом (наддомінуванням), що характерно для більшості досліджуваних гібридів. Часткове позитивне домінування (ЧПД) зареєстроване лише у трьох комбінаціях: Altigo/Mescal, Altigo/Київська 17 та Метелиця Харківська/Urbanus.

Значення істинного гетерозису маси 1000 зерен коливається від -10,8 % до 32,8 % (табл. 4.2). Максимальний рівень Гі спостерігається у гібрида Соборна/Mescal (32,8 %), що суттєво перевищує показники інших комбінацій. Позитивний істинний гетерозис відзначено у гібридів Тайра/Лірика Білоцерківська (9,2 %), Метелиця Харківська/Mescal (8,7 %) та Зореслава/Ювілейна Патона (7,4 %). Деякі комбінації мають від’ємні значення Гі, серед яких мінімальний рівень спостерігається у гібрида Зореслава/Київська 17 (-10,8 %), що свідчить про відсутність позитивного гетерозису.

Щодо класу домінування, переважає тип гетерозис (Г) у більшості гібридів. Часткове позитивне домінування (ЧПД) зареєстроване у шести комбінаціях, зокрема Altigo/Mescal та чотири гібриди за участі сорту Соборна; проміжне успадкування (ПУ) – у двох гібридах Тайра/Mescal та Тайра/Київська 17; депресія (Д) – у двох комбінаціях із сортом Зореслава (Зореслава/Urbanus та Зореслава/Київська 17). Такий розподіл класів домінування вказує на значну

генетичну специфічність прояву ознаки маси 1000 зерен, залежну від конкретних пар батьківських компонентів.

Таблиця 4.2 – Характер успадкування ознаки маса 1000 зерен у гібридів F<sub>1</sub> пшениці м'якої озимої, 2024-2025 рр.

Гібрид	ГГ, %	ГІ, %	Ступінь домінування	Клас домінування
Altigo/Mescal	7,0	-3,9	0,5	ЧПД
Altigo/Urbanus	6,1	1,8	1,4	Г
Altigo/Київська 17	10,8	4,1	1,7	Г
Altigo/Лірика Біл.	9,6	6,2	7,8	Г
Altigo/Юв. Патона	2,6	-1,3	5,2	Г
Зореслава/Mescal	11,9	-2,2	0,8	ЧПД
Зореслава/Urbanus	-1,3	-4,5	-1,2	Д
Зореслава/Київська 17	-8,4	-10,8	-2,8	Д
Зореслава/Лірика Біл.	8,2	4,0	1,8	Г
Зореслава/Юв. Патона	10,7	7,4	3,8	Г
Метелиця Харк./Mescal	19,9	8,7	2,3	Г
Метелиця Харк./Urbanus	8,0	1,9	1,3	Г
Метелиця Харк./Київська 17	8,4	0,7	1,1	Г
Метелиця Харк./Лірика Біл.	1,1	0,4	2,1	Г
Метелиця Харк./Юв. Патона	8,3	5,9	3,7	Г
Соборна/Mescal	39,5	32,8	57,1	Г
Соборна/Urbanus	9,0	-5,2	0,6	ЧПД
Соборна/Київська 17	12,5	-3,8	0,7	ЧПД
Соборна/Лірика Біл.	6,5	-2,9	0,7	ЧПД
Соборна/Юв. Патона	6,9	-3,9	0,6	ЧПД
Тайра/Mescal	1,8	-8,6	-0,1	ПУ
Тайра/Urbanus	8,8	2,5	1,4	Г
Тайра/Київська 17	1,1	-6,3	0,2	ПУ
Тайра/Лірика Біл.	9,9	9,2	14,2	Г
Тайра/Юв. Патона	6,5	4,0	2,7	Г
Х	8,2	1,4	4,3	

Примітка. Г – гетерозис (наддомінування), ЧПД – часткове позитивне домінування, ПУ – проміжне успадкування, ЧНУ – часткове негативне успадкування, Д – депресія.

Величина істинного гетерозису за показником маси зерен із колоса варіює в межах від -19,8 % до 19,5 % (табл. 4.3). Найвищий рівень ГІ зафіксовано у гібрида Altigo/Лірика Білоцерківська (19,5 %). Позитивний ГІ також відзначено у комбінацій Зореслава/Mescal (13,9 %), Зореслава/Лірика Білоцерківська (13,4 %), Метелиця Харківська/Urbanus (12,4 %) та Зореслава/Ювілейна Патона (11,9 %).

Частина гібридів має від'ємні значення ГІ, мінімальне з яких відмічене для Соборна/Urbanus (-19,8).

Таблиця 4.3 – Характер успадкування ознаки маса зерен з колоса у гібридів F<sub>1</sub> пшениці м'якої озимої, 2024-2025 рр.

Гібрид	ГГ, %	ГІ, %	Ступінь домінування	Клас домінування
Altigo/Mescal	10,0	-1,6	0,8	ЧПД
Altigo/Urbanus	-0,1	-10,4	-0,1	ПУ
Altigo/Київська 17	12,6	1,8	1,0	Г
Altigo/Лірика Біл.	24,9	19,5	5,6	Г
Altigo/Юв. Патона	13,0	-3,6	0,7	ЧПД
Зореслава/Mescal	24,6	13,9	2,6	Г
Зореслава/Urbanus	8,9	0,0	0,9	ЧПД
Зореслава/Київська 17	-8,8	-16,0	-0,9	ЧНУ
Зореслава/Лірика Біл.	17,5	13,4	8,7	Г
Зореслава/Юв. Патона	28,6	11,9	1,9	Г
Метелиця Харк./Mescal	7,1	3,8	2,0	Г
Метелиця Харк./Urbanus	17,0	12,4	5,1	Г
Метелиця Харк./Київська 17	11,5	6,7	4,2	Г
Метелиця Харк./Лірика Біл.	7,5	3,4	1,9	Г
Метелиця Харк./Юв. Патона	8,0	-0,7	0,9	ЧПД
Соборна/Mescal	29,3	2,3	1,1	Г
Соборна/Urbanus	1,0	-19,8	0,0	ПУ
Соборна/Київська 17	9,2	-13,0	0,3	ПУ
Соборна/Лірика Біл.	12,8	-4,4	0,7	ЧПД
Соборна/Юв. Патона	10,5	-15,2	0,3	ПУ
Тайра/Mescal	3,0	-7,6	0,3	ПУ
Тайра/Urbanus	-2,0	-11,3	-0,2	ПУ
Тайра/Київська 17	-7,2	-15,6	-0,7	ЧНУ
Тайра/Лірика Біл.	12,9	8,6	3,3	Г
Тайра/Юв. Патона	2,9	-11,8	0,2	ПУ
Х	10,2	-1,3	1,6	

Примітка. Г – гетерозис (наддомінування), ЧПД – часткове позитивне домінування, ПУ – проміжне успадкування, ЧНУ – часткове негативне успадкування, Д – депресія.

При визначенні класу домінування, переважає тип гетерозису (Г), який виявлено у 11 гібридних комбінацій. Часткове позитивне домінування характерне для п'яти гібридів. Проміжне успадкування (ПУ) характерне для семи комбінацій. Часткове негативне успадкування (ЧНУ) – у двох гібридів. Це відображає

різноманітність генетичного контролю ознаки маси зерна із колоса, де тип успадкування суттєво залежить від конкретних батьківських пар.

Значення істинного гетерозису (ГІ) за коефіцієнтом продуктивного кушення коливається в межах від -17,7 % до 38,9 % (табл. 4.4). Найвищий рівень ГІ виявлено у гібрида Метелиця Харківська/Mescal (38,9 %). Високі позитивні значення ГІ також зафіксовано у комбінацій Altigo/Ювілейна Патона (24,3 %), Метелиця Харківська/Ювілейна Патона (23,9 %), Зореслава/Mescal (19,6 %) та Тайра/Urbanus (19,2 %). Частина гібридів має від'ємні значення ГІ, мінімальне з яких відповідає гібриду Зореслава/Лірика Білоцерківська (-17,7 %).

У межах дослідження переважає клас домінування – гетерозис (Г), який визначено для більшості гібридних комбінацій. Одночасно зафіксовано інші типи успадкування: депресія (Д) спостерігається у чотирьох гібридів (Зореслава/Київська 17, Зореслава/Лірика Білоцерківська, Метелиця Харківська/Лірика Білоцерківська та Тайра/Київська 17), проміжне успадкування (ПУ) виявлено у трьох комбінацій (Соборна/Urbanus, Соборна/Ювілейна Патона та Тайра/Ювілейна Патона). Такий розподіл відображає складний генетичний контроль ознаки коефіцієнта продуктивного кушення, ефект якого суттєво залежить від специфіки батьківських пар.

Таблиця 4.4 – Характер успадкування ознаки коефіцієнт продуктивного кушення у гібридів F<sub>1</sub> пшениці м'якої озимої, 2024-2025 рр.

Гібрид	ГГ, %	ГІ, %	Ступінь домінування	Клас домінування
Altigo/Mescal	22,3	3,5	5,2	Г
Altigo/Urbanus	19,0	-0,7	4,1	Г
Altigo/Київська 17	24,4	12,1	2,3	Г
Altigo/Лірика Біл.	12,8	4,4	1,6	Г
Altigo/Юв. Патона	37,6	24,3	5,0	Г
Зореслава/Mescal	40,7	19,6	2,6	Г
Зореслава/Urbanus	27,9	11,0	4,1	Г
Зореслава/Київська 17	-4,8	-8,4	-6,1	Д
Зореслава/Лірика Біл.	-11,8	-17,7	-16,9	Д
Зореслава/Юв. Патона	34,3	11,5	1,5	Г
Метелиця Харк./Mescal	60,4	38,9	4,6	Г
Метелиця Харк./Urbanus	13,5	-0,1	1,7	Г

Продовження таблиці 4.4

Метелиця Харк./Київська 17	12,6	7,1	5,1	Г
Метелиця Харк./Лірика Біл.	-0,7	-9,5	-3,3	Д
Метелиця Харк./Юв. Патона	44,8	23,9	2,8	Г
Соборна/Mescal	33,2	11,7	1,9	Г
Соборна/Urbanus	-1,7	-13,9	-0,2	ПУ
Соборна/Київська 17	11,0	7,6	2,2	Г
Соборна/Лірика Біл.	7,5	1,3	1,4	Г
Соборна/Юв. Патона	8,2	-12,4	0,4	ПУ
Тайра/Mescal	21,2	-0,1	1,1	Г
Тайра/Urbanus	39,0	19,2	2,7	Г
Тайра/Київська 17	-8,7	-14,5	-1,6	Д
Тайра/Лірика Біл.	14,4	5,1	1,7	Г
Тайра/Юв. Патона	9,0	-13,5	0,3	ПУ
Х	18,7	4,4	1,0	

Примітка. Г – гетерозис (наддомінування), ЧПД – часткове позитивне домінування, ПУ – проміжне успадкування, ЧНУ – часткове негативне успадкування, Д – депресія.

Величина істинного гетерозису за вмістом білку варіює в межах від -15,3 % до 11,1 % (табл. 4.5). Найвищий рівень позитивного ГІ зафіксовано у гібриду Altigo/Urbanus (11,1 %). Помірно високі позитивні значення також відзначені для Altigo/Mescal (6,2 %) та Метелиця Харківська/Лірика Білоцерківська (5,7 %).

Однак переважна більшість гібридних комбінацій мають від’ємні значення ГІ; мінімальний рівень спостерігається у гібрида Зореслава/Urbanus (-15,3 %), що свідчить про виражену відсутність позитивного гетерозису за оцінки вмісту білку для більшості досліджених комбінацій.

Аналіз класів домінування виявив значну частку гібридів із депресією (Д), яке зареєстроване для 11 комбінацій. Тип гетерозису (Г) виявлено для 8 гібридів, переважно на основі сорту Altigo, а також у Метелиця Харківська/Київська 17, Метелиця Харківська/Лірика Білоцерківська та Соборна/Лірика Білоцерківська. Проміжне успадкування (ПУ) характерне для чотирьох комбінацій: Зореслава/Київська 17, Метелиця Харківська/Urbanus, Соборна/Київська 17 та Тайра/Київська 17. Часткове негативне успадкування зафіксовано лише для Соборна/Urbanus, а часткове позитивне домінування – лише для Тайра/Urbanus. Таким чином, успадкування вмісту білку характеризується переважанням депресії

та обмеженим проявом гетерозису, що вказує на складний генетичний контроль цієї ознаки та сильну залежність від специфіки батьківських компонентів.

Таблиця 4.5 – Характер успадкування ознаки вміст білку у гібридів F<sub>1</sub> пшениці м'якої озимої, 2024-2025 рр.

Гібрид	ГГ, %	ГІ, %	Ступінь домінування	Клас домінування
Altigo/Mescal	13,1	6,2	4,8	Г
Altigo/Urbanus	15,3	11,1	4,1	Г
Altigo/Київська 17	7,6	3,4	1,8	Г
Altigo/Лірика Біл.	5,2	2,8	12,5	Г
Altigo/Юв. Патона	5,2	2,5	3,3	Г
Зореслава/Mescal	-4,2	-5,7	-3,8	Д
Зореслава/Urbanus	-7,5	-15,3	-3,2	Д
Зореслава/Київська 17	-1,7	-6,1	-0,4	ПУ
Зореслава/Лірика Біл.	-1,8	-7,6	-1,1	Д
Зореслава/Юв. Патона	-3,5	-8,7	-1,2	Д
Метелиця Харк./Mescal	-6,3	-9,8	-1,6	Д
Метелиця Харк./Urbanus	-1,1	-6,6	-0,2	ПУ
Метелиця Харк./Київська 17	4,4	1,9	1,7	Г
Метелиця Харк./Лірика Біл.	8,9	5,7	8,3	Г
Метелиця Харк./Юв. Патона	-2,7	-5,2	-29,0	Д
Соборна/Mescal	-5,2	-9,4	-1,2	Д
Соборна/Urbanus	-5,4	-10,7	-0,9	ЧНУ
Соборна/Київська 17	-0,8	-2,7	-0,4	ПУ
Соборна/Лірика Біл.	6,0	4,1	3,4	Г
Соборна/Юв. Патона	-8,4	-9,3	-13,7	Д
Тайра/Mescal	-7,9	-11,8	-1,8	Д
Тайра/Urbanus	5,0	-0,5	0,9	ЧПД
Тайра/Київська 17	0,5	-1,6	0,2	ПУ
Тайра/Лірика Біл.	-1,7	-3,3	-1,1	Д
Тайра/Юв. Патона	-2,3	-3,1	-5,6	Д
Х	0,4	-3,2	-1,0	

Примітка. Г – гетерозис (наддомінування), ЧПД – часткове позитивне домінування, ПУ – проміжне успадкування, ЧНУ – часткове негативне успадкування, Д – депресія.

Величина істинного гетерозису вмісту сирової клейковини варіює від -6,3 % до 7,2 % (табл. 4.6). Найвищий рівень позитивного ГІ зафіксовано у гібрида Altigo/Urbanus (7,2 %). Позитивні значення ГІ також відзначені для Тайра/Urbanus (4,8 %), Altigo/Київська 17 (3,2 %), Метелиця Харківська/Київська 17 (3,0 %) та низки інших комбінацій. Більшість гібридів мають невисокі позитивні або від'ємні

значення ГІ; мінімальний рівень спостерігається у гібрида Соборна/Urbanus (-6,3 %).

Таблиця 4.6 – Характер успадкування ознаки вміст сирі клейковини у гібридів F<sub>1</sub> пшениці м'якої озимої, 2024-2025 рр.

Гібрид	ГГ, %	ГІ, %	Ступінь домінування	Клас домінування
Altigo/Mescal	4,8	1,9	6,4	Г
Altigo/Urbanus	10,0	7,2	3,8	Г
Altigo/Київська 17	5,6	3,2	2,7	Г
Altigo/Лірика Біл.	2,6	0,8	3,9	Г
Altigo/Юв. Патона	0,7	-0,7	0,7	ЧПД
Зореслава/Mescal	0,7	-0,5	3,0	Г
Зореслава/Urbanus	-0,1	-3,8	0,0	ПУ
Зореслава/Київська 17	0,8	-1,7	0,3	ПУ
Зореслава/Лірика Біл.	0,3	-1,9	2,5	Г
Зореслава/Юв. Патона	-0,9	-3,4	-0,6	ЧНУ
Метелиця Харк./Mescal	-1,3	-3,5	-0,6	ЧНУ
Метелиця Харк./Urbanus	3,3	-0,6	0,8	ЧПД
Метелиця Харк./Київська 17	4,6	3,0	8,0	Г
Метелиця Харк./Лірика Біл.	4,1	2,0	2,0	Г
Метелиця Харк./Юв. Патона	-0,4	-2,8	-1,0	ЧНУ
Соборна/Mescal	-1,7	-4,4	-0,6	ЧНУ
Соборна/Urbanus	-2,1	-6,3	-0,5	ПУ
Соборна/Київська 17	-0,2	-0,6	-101	Д
Соборна/Лірика Біл.	4,0	1,3	1,5	Г
Соборна/Юв. Патона	-3,4	-4,4	-3,5	Д
Тайра/Mescal	-2,2	-3,4	-1,6	Д
Тайра/Urbanus	8,0	4,8	2,5	Г
Тайра/Київська 17	0,6	-0,9	0,4	ПУ
Тайра/Лірика Біл.	-1,3	-2,5	-1,1	Д
Тайра/Юв. Патона	0,9	0,3	1,9	Г
Х	1,5	-0,7	-2,8	

Примітка. Г – гетерозис (наддомінування), ЧПД – часткове позитивне домінування, ПУ – проміжне успадкування, ЧНУ – часткове негативне успадкування, Д – депресія.

Аналіз класів домінування виявив, що тип – гетерозис (Г) зафіксовано для 11 гібридних комбінацій, включно з тими, що мають невеликі позитивні або навіть від'ємні значення ГІ, такі як Зореслава/Mescal (ГІ -0,5 %) та Зореслава/Лірика Білоцерківська (ГІ -1,9 %). Часткове позитивне домінування (ЧПД) виявлено для двох гібридів: Altigo/Ювілейна Патона та Метелиця Харківська/Urbanus. Проміжне

успадкування (ПУ) характерне для чотирьох комбінацій. Часткове негативне успадкування (ЧНУ) зафіксовано для трьох гібридів. Явище депресії (Д) спостерігається у чотирьох комбінацій. Таким чином, успадкування вмісту сирої клейковини характеризується переважанням типу гетерозису, однак із значною часткою інших типів успадкування, що вказує на генетичну різноманітність контролю цієї ознаки залежно від конкретних батьківських пар.

Величина істинного гетерозису (ГІ) врожайності варіює в широких межах – від -16,6 % до 71,7 % (табл. 4.7). Найвищі рівні ГІ зафіксовано у гібридів Метелиця Харківська/Mescal (71,7 %), Зореслава/Mescal (66,2 %), Тайра/Mescal (54,6 %) та Соборна/Mescal (49,5 %). Значний позитивний гетерозис також відзначений у комбінацій Зореслава/Urbanus (29,0 %), Тайра/Urbanus (28,3 %), Метелиця Харківська/Urbanus (21,7 %) та низки інших. Разом з тим, частина гібридів має від’ємні значення ГІ, найнижчі з яких спостерігаються у Соборна/Urbanus (-16,6 %) та Тайра/Київська 17 (-13,0 %).

Таблиця 4.7 – Характер успадкування ознаки врожайність у гібридів F<sub>1</sub> пшениці м’якої озимої, 2024-2025 рр.

Гібрид	ГГ, %	ГІ, %	Ступінь домінування	Клас домінування
Altigo/Mescal	8,9	-7,1	3,2	Г
Altigo/Urbanus	7,4	-9,7	0,7	ЧПД
Altigo/Київська 17	36,3	11,2	1,6	Г
Altigo/Лірика Біл.	41,8	20,2	2,4	Г
Altigo/Юв. Патона	34,5	14,1	2,8	Г
Зореслава/Mescal	89,4	66,2	6,9	Г
Зореслава/Urbanus	51,6	29,0	16,3	Г
Зореслава/Київська 17	1,9	-2,7	0,4	ПУ
Зореслава/Лірика Біл.	-3,9	-8,4	-1,9	Д
Зореслава/Юв. Патона	46,9	24,6	12,4	Г
Метелиця Харк./Mescal	90,3	71,7	7,8	Г
Метелиця Харк./Urbanus	38,5	21,7	21,0	Г
Метелиця Харк./Київська 17	28,1	20,8	4,6	Г
Метелиця Харк./Лірика Біл.	9,3	8,7	48,2	Г
Метелиця Харк./Юв. Патона	41,3	24,7	17,5	Г
Соборна/Mescal	60,2	49,5	17,0	Г
Соборна/Urbanus	-7,5	-16,6	-1,0	Д
Соборна/Київська 17	10,3	-2,4	0,7	ЧПД

Продовження таблиці 4.7

Соборна/Лірика Біл.	23,4	15,1	3,0	Г
Соборна/Юв. Патона	10,4	0,5	1,9	Г
Тайра/Mescal	74,3	54,6	8,0	Г
Тайра/Urbanus	50,8	28,3	118,6	Г
Тайра/Київська 17	-6,7	-13,0	-0,6	ЧНУ
Тайра/Лірика Біл.	22,8	18,0	10,2	Г
Тайра/Юв. Патона	10,4	-5,5	412,5	Г
Х	30,8	16,5	28,6	

Примітка. Г – гетерозис (наддомінування), ЧПД – часткове позитивне домінування, ПУ – проміжне успадкування, ЧНУ – часткове негативне успадкування, Д – депресія.

Щодо класу домінування, переважна більшість гібридів (19 з 25) належать до типу гетерозис (Г). Винятки становлять: часткове позитивне домінування (ЧПД) у Altigo/Urbanus та Соборна/Київська 17; проміжне успадкування (ПУ) у Зореслава/Київська 17; депресія (Д) у Зореслава/Лірика Білоцерківська та Соборна/Urbanus; а також часткове негативне успадкування (ЧНУ) у Тайра/Київська 17. Таким чином, для ознаки врожайності характерне виражене переважання гетерозису, що свідчить про ефективність гібридизації для підвищення цього показника.

Серед досліджуваних гібридних комбінацій особливо високим рівнем гетерозису за комплексом ознак відзначилися комбінації за участю сортів Altigo, Mescal та Urbanus (табл. 4.8), які проявили високий селекційний потенціал у поєднанні з низкою вітчизняних сортів. Це свідчить про доцільність використання зазначених генотипів як перспективних батьківських компонентів у програмах гетерозисної селекції пшениці м'якої озимої.

Таблиця 4.8 – Кращі гібридні комбінації за проявом істинного гетерозису, 2024-2025 рр.

Ознака	Найкраща гібридна комбінація	ГІ, %
Висота рослин	Altigo/Лірика Білоцерківська	23,8
Маса 1000 зерен	Соборна/Mescal	32,8
Маса зерен з колосу	Altigo/Лірика Білоцерківська	19,5
Коефіцієнт продуктивного кушення	Метелиця Харківська/Mescal	38,9
Вміст білку	Altigo/Urbanus	11,1
Вміст сирової клейковини	Altigo/Urbanus	7,2
Урожайність	Метелиця Харківська/Mescal	71,7

Таким чином проведений аналіз прояву гетерозису дозволив ідентифікувати перспективні гібридні комбінації та визначити генотипи з високою селекційною цінністю для подальшого використання у селекційних програмах створення високопродуктивних гібридів пшениці озимої

#### **4.2. Оцінка загальної комбінаційної здатності батьківських компонентів гібридів пшениці за комплексом господарсько-цінних ознак**

У гетерозисній селекції рослин, зокрема пшениці м'якої озимої, одним із важливих етапів є оцінка та добір вихідного матеріалу за комбінаційною здатністю. Загальна комбінаційна здатність (ЗКЗ), яка відображає середню здатність генотипу передавати ефект гетерозису гібридному потомству, є ефективним статистико-генетичним інструментом для виявлення найбільш цінних донорів господарсько-важливих ознак. Вона дає змогу кількісно оцінити здатність батьківського компонента передавати певні властивості потомству, незалежно від конкретного партнера по схрещуванню, що у свою чергу дозволяє прогнозувати ефективність селекційних програм. Аналіз ЗКЗ є теоретичною та практичною основою для цілеспрямованого формування комбінацій схрещувань, спрямованих на поєднання в одному генотипі комплексу цінних господарських властивостей.

Аналіз ефектів загальної комбінаційної здатності батьківських компонентів пшениці за ознакою висоти рослин виявив існування суттєвих відмінностей між досліджуваними зразками. Від'ємні значення ЗКЗ свідчать про здатність генотипу знижувати висоту рослин у потомстві, що в селекційній практиці контексті розглядається як бажана ознака, оскільки низькорослі форми як правило відрізняються підвищеною стійкістю до вилягання, ефективнішим використанням елементів живлення та кращою адаптованістю до інтенсивних технологій вирощування.

Серед досліджених генотипів найбільш виражений негативний ефект за ознакою висоти рослин встановлено у сорту Altigo (табл. 4.9, Додаток Г), у якого значення ЗКЗ становило -6,16, що є статистично достовірним. Це вказує на високий

потенціал даного компонента у формуванні гібридного потомства зі зниженим габітусом. Також достовірні від'ємні значення ЗКЗ виявлені у сортів Mescal (-3,16), Urbanus (-2,66) та Соборна (-1,06), що підтверджує їхню стабільну здатність передавати потомкам ознаку низькорослості.

Окремі зразки характеризувалися позитивним значенням ЗКЗ, що свідчить про їх схильність формувати вищі рослини у гібридному потомстві. Найвищі достовірно позитивні значення виявлено у сортів Тайра (+4,34) та Зореслава (+3,74). Помірний статистично значущий ефект підвищення висоти характерний для зразків Ювілейна Патона та Лірика Білоцерківська (по +2,64).

За результатами аналізу загальної комбінаційної здатності за ознакою дати колосіння (табл. 4.9) виявлено чіткі генетичні відмінності між батьківськими компонентами щодо їхнього впливу на ранньостиглість гібридного потомства. Значущі від'ємні значення ЗКЗ, що вказують на здатність генотипу зумовлювати більш ранні строки колосіння встановлені у ряду зразків. Найбільш виражений ефект ранньостиглості виявлений у сорту Лірика Білоцерківська (-1,64), що характеризує його як цінний донор цієї ознаки. Статистично достовірні від'ємні значення також встановлено у сортів Тайра (-1,24), Соборна (-1,14), Київська 17 (-1,04), та Urbanus (-0,64). Використання зазначених генотипів у схрещуваннях може сприяти скороченню вегетаційного періоду та створенню більш ранньостиглих гібридів. З іншого боку, окремі батьківські форми проявили здатність достовірно відтермінувати дату колосіння у гібридного потомства, що відображено позитивними значеннями ЗКЗ. Найбільший виражений ефект відтермінування періоду колосіння виявлено у сортів Mescal (+1,86) та Ювілейна Патона (+1,46).

Найбільш виражений позитивний ефект загальної комбінаційної здатності за ознакою ураження збудником септоріозу (табл. 4.9), тобто здатність достовірно знижувати ступінь ураження септоріозом гібридного потомства, виявлено у сортів Соборна (-10,1) та Київська 17 (-6,1). Особливо варто відзначити зразок Соборна, який має найнижчий серед досліджуваних генотипів значення ЗКЗ, що вказує на його високий потенціал як донора стійкості у селекційних програмах. Значущі від'ємні значення також встановлені у сортів Зореслава (-5,6) та Лірика

Білоцерківська (-4,6), що підтверджує їхню селекційну цінність для створення стійких генотипів.

Таблиця 4.9 – Ефекти загальної комбінаційної здатності за морфологічними, фенологічними та біохімічними ознаками батьківських компонентів пшениці м'якої озимої, 2024-2025 рр.

Зразок	Висота рослин	Дата колосіння	Ураження збудником септоріозу	Ураження збудником борошнистої роси	Вміст білку	Вміст сирової клейковини
Altigo	-6,16*	0,86*	1,90	-5,00*	1,29*	1,09*
Зореслава	3,74*	0,46	-5,60*	-2,00	-0,27*	-0,03
Метелиця Харківська	-0,86	1,06*	15,90*	5,50*	-0,05	-0,06
Соборна	-1,06*	-1,14*	-10,10*	-4,00*	-0,59*	-0,95*
Тайра	4,34*	-1,24*	-2,10	5,50*	-0,38*	-0,04
Mescal	-3,16*	1,86*	1,40	-6,50*	-0,05	-0,23*
Urbanus	-2,66*	-0,64*	5,90*	3,00	0,63*	1,34*
Київська 17	0,54	-1,04*	-6,10*	11,50*	-0,35*	-0,41*
Лірика Біл.	2,64*	-1,64*	-4,60*	-2,00	0,32*	0,23*
Ювілейна Патона	2,64*	1,46*	3,40*	-6,00*	-0,56*	-0,92*
НІР <sub>05</sub>	0,94	0,48	2,56	3,50	0,21	0,19

Примітка. Символом «\*» позначені – статистично значущі відмінності при 95% рівні достовірності.

Протилежну тенденцію, а саме здатність підвищувати сприйнятливість гібридів до септоріозу, виявили генотипи Метелиця Харківська (+15,9), Urbanus (+5,9) та Ювілейна Патона (+3,4).

За ознакою стійкості проти збудника борошнистої роси найбільш виражені від'ємні значення ЗКЗ (табл. 4.9), які свідчать про здатність знижувати розвиток хвороб у потомства встановлено у сортів Ювілейна Патона (-6,0), Altigo (-5,0), Mescal (-6,5) та Соборна (-4,0). Ці генотипи можуть розглядатися себе як найперспективніші донори резистентності проти збудника борошнистої роси. Водночас, деякі компоненти проявили протилежний ефект зумовлюючи підвищення ураження гібридного потомства. Найбільш виражений негативний

ефект виявлено у сортів Київська 17 (+11,5), Метелиця Харківська (+5,5) та Тайра (+5,5).

Аналіз ефектів ЗКЗ за вмістом білку в зерні засвідчив наявність істотних відмінностей між зразками (табл. 4.9). Найбільш високі позитивні значення загальної комбінаційної здатності достовірно підвищувати білковість зерна у потомства, виявлено у сортів Altigo (+1,29) та Urbanus (+0,63). Помірний, але статистично значущий позитивний ефект також виявлено у зразка Лірика Білоцерківська (+0,32). Значущі від'ємні значення ЗКЗ встановлено у генотипів Соборна (-0,59), Ювілейна Патона (-0,56), Тайра (-0,38), Київська 17 (-0,35) та Зореслава (-0,27), що свідчить про їхню тенденцію до зниження вмісту білку в зерні гібридного потомства.

Вміст сирої клейковини визначає хлібопекарські властивості борошна і є одним з важливих технологічних показників якості зерна пшениці. Оцінка ефектів ЗКЗ за цією ознакою виявила, що найбільш виражену позитивну комбінаційну здатність мають сорти Urbanus (+1,34) та Altigo (+1,09) (табл. 4.9), які можуть бути використані як цінні донори для підвищення вмісту клейковини. Помірний, але статистично достовірний позитивний ефект також спостерігається у зразка Лірика Білоцерківська (+0,23). Натомість істотне зниження вмісту сирої клейковини у гібридному потомстві зумовлювали сорти Соборна (-0,95), Ювілейна Патона (-0,92) та Київська 17 (-0,41).

Найбільш виражені позитивні ефекти ЗКЗ за ознакою довжини колоса (табл. 4.10) виявлено у сортів Метелиця Харківська (+0,78), Mescal (+0,55) та Ювілейна Патона (+0,45), що вказує на їхню високу селекційну цінність як донорів для поліпшення даної морфологічної ознаки в гібридів першого покоління. Помірний, але статистично значущий позитивний ефект також спостерігається у зразка Зореслава (+0,28). Протилежну тенденцію, а саме здатність значуще зменшувати довжину колоса у гібридного потомства, виявили у сортів Тайра (-0,44), Лірика Білоцерківська (-0,52) та Соборна (-0,37).

Таблиця 4.10 – Ефекти загальної комбінаційної здатності батьківських компонентів пшениці м'якої озимої за елементами структури врожаю, 2024-2025 рр.

Зразок	Довжина колоса	Кількість колосків в колосі	Кількість зерен з колоса	Маса зерен з колоса	Маса 1000 зерен	Коефіцієнт продуктивного купення	Врожайність
Altigo	-0,25*	0,33*	0,20	0,04	0,75*	-0,16	-1,15*
Зореслава	0,28*	0,33*	2,05*	0,18*	0,91*	-0,16	0,91*
Метелиця Харківська	0,78*	1,54*	3,44*	0,24*	0,83*	0,09	1,11*
Соборна	-0,37*	-1,00*	-3,75*	-0,27*	-1,46*	0,01	-1,01*
Тайра	-0,44*	-1,20*	-1,93*	-0,19*	-1,04*	0,21*	0,13
Mescal	0,55*	0,82*	5,30*	0,12*	-2,37*	0,31*	1,47*
Urbanus	-0,30*	-0,64*	-3,78*	-0,12*	1,52*	0,03	0,00
Київська 17	-0,18*	-0,76*	-5,61*	-0,19*	1,88*	-0,08	-0,53*
Лірика Біл.	-0,52*	-1,28*	-0,70	-0,08*	-0,96*	-0,17	-0,79*
Ювілейна Патона	0,45*	1,85*	4,79*	0,27*	-0,06	-0,10	-0,14
НІР <sub>05</sub>	0,09	0,26	0,96	0,05	0,74	0,17	0,46

Примітка. Символом «\*» позначені – статистично значущі відмінності при 95% рівні достовірності.

Кількість колосків у колосі є одним із важливих компонентів елементів структури врожаю, що безпосередньо визначає потенційну продуктивність рослини. Підвищені значення цього показника свідчать про здатність генотипу передавати нащадкам властивість формувати більш багатоколоскові колоси, що розглядається як селекційно бажана ознака.

Результати дослідження ЗКЗ за цією ознакою виявили чітку диференціацію досліджуваних генотипів. Найбільш виражений позитивний ефект на кількість колосків в колосі встановлено у сортів Ювілейна Патона (+1,85) та Метелиця Харківська (+1,54) (табл. 4.10), що дозволяє розглядати їх як донори цієї ознаки. Помірний, але статистично значущий позитивний ефект також зафіксовано у зразків Mescal (+0,82), Altigo (+0,33) та Зореслава (+0,33). Натомість інша група батьківських форм проявила здатність значуще зменшувати цей показник у гібридного потомства, що відображено від'ємним значенням ефектів ЗКЗ. Найбільш виражений негативний ефект встановлено у сортів Лірика Білоцерківська (-1,28), Тайра (-1,2) та Соборна (-1,0).

За результатом оцінки загальної комбінаційної здатності за кількістю зерен у колосі виявлено, що найбільш високі позитивні ефекти характерні для сортів Ювілейна Патона (+4,79), Mescal (+5,3) та Метелиця Харківська (+3,44) (табл. 4.10). Ці генотипи можна вважати перспективними донорами високої зернистості колоса. Помірний, але статистично значущий позитивний ефект також встановлено у зразка Зореслава (+2,05). Найбільш виражений негативний ефект за цією ознакою виявлено у сортів Київська 17 (-5,61), Urbanus (-3,78) та Соборна (-3,75).

Найбільш виражений позитивний ефект ЗКЗ на масу зерен з колоса, статистично підтверджений значущими показниками, виявлено у сортів Ювілейна Патона (+0,27), Метелиця Харківська (+0,24), Зореслава (+0,18) та Mescal (+0,12) (табл. 4.10). Найбільш несприятливий ефект, що проявляється у зниженні маси зерен з колоса у гібридного потомства відзначено у генотипу Соборна (-0,27).

Маса 1000 зерен є важливим індикатором крупності та рівномірності виповнення зерна, що безпосередньо впливає на товарні та технологічні показники якості урожаю. Оцінка загальної комбінаційної здатності (ЗКЗ) визначила, що найбільш виражену здатність підвищувати масу 1000 зерен мають сорти Київська 17 (+1,88) та Urbanus (+1,52) (табл. 4.10), що дозволяє розглядати їх як цінні джерела цієї ознаки. Помірний, але статистично значущий позитивний ефект також встановлено у Зореслава (+0,91), Метелиця Харківська (+0,83) та Altigo (+0,75). Протилежну тенденцію, що виражається у здатності зменшувати крупність зерна у потомства, проявили генотипи Mescal (-2,37), Соборна (-1,46) та Тайра (-1,04).

Результати дослідження ЗКЗ за коефіцієнтом продуктивного кушення виявили, що переважна більшість досліджуваних генотипів не мали статистично значущого впливу на формування даного показника (табл. 4.10). Значення ефектів ЗКЗ варіювали від незначно від'ємних (-0,17 у сорту Лірика Білоцерківська) до незначно позитивних (+0,09 у сорту Метелиця Харківська). Водночас два генотипи проявили достовірний позитивний ефект – Mescal (+0,31) та Тайра (+0,21), що свідчить про їхню здатність підвищувати рівень продуктивного кушення у гібридному потомстві.

Найбільш високими позитивними ефектами загальної комбінаційної здатності за показником врожайності характеризувалися сорти Mescal (+1,47), Метелиця Харківська (+1,11) та Зореслава (+0,91) (табл. 4.10). Дані генотипи можуть розглядатися як перспективні донори високої врожайності для подальшої селекційної роботи. Помірний позитивний ефект, який не досяг рівня статистичної достовірності, встановлено у сорту Тайра (0,13). Натомість, значущий негативний ефект на формування врожайності у гібридного потомства виявлено у сортів Altigo (-1,15), Соборна (-1,01), та Лірика Білоцерківська (-0,79).

Проведений аналіз ефектів загальної комбінаційної здатності батьківських компонентів засвідчив істотну диференціацію досліджених генотипів за здатністю передавати гібридному потомству господарсько цінних ознак. Встановлено, що окремі сорти проявили високу комбінаційну здатність за морфологічними, продуктивними та якісними показниками (табл. 4.11). Найбільш комплексно виражену позитивну ЗКЗ за елементами структури врожаю та врожайністю виявлено у зразків Mescal, Метелиця Харківська та Зореслава, тоді як джерелами покращення показників якості зерна (вміст білку та сирої клейковини) визначено сорти Altigo та Urbanus.

Таблиця 4.11 – Перспективні батьківські компоненти за загальною комбінаційною здатністю, 2024-2025 рр.

Ознака	Лінії з високою ЗКЗ	Тестери з високою ЗКЗ
Довжина колоса	Метелиця Харківська, Зореслава	Mescal, Ювілейна Патона
Кількість зерен в колосі	Метелиця Харківська, Зореслава	Mescal, Ювілейна Патона
Маса зерна з колоса	Метелиця Харківська, Зореслава	Mescal, Ювілейна Патона
Маса 1000 зерен	Метелиця Харківська, Зореслава	Київська 17, Urbanus
Вміст білку	Altigo	Urbanus, Лірика Білоцерківська
Вміст сирої клейковини	Altigo	Urbanus, Лірика Білоцерківська
Врожайність	Метелиця Харківська, Зореслава	Mescal

Отримані результати свідчать про доцільність використання зазначених генотипів як батьківських компонентів у селекційних програмах зі створення високопродуктивних гібридів пшениці м'якої озимої з покращеними показниками якості зерна.

#### **4.3. Специфічна комбінаційна здатність батьківських компонентів гібридів пшениці за показниками урожайності та якості зерна**

Специфічна комбінаційна здатність (СКЗ) набуває виняткове значення для гетерозисної селекції пшениці. Якщо ЗКЗ є основою для формування та покращення вихідного матеріалу і дозволяє прогнозувати середній рівень продуктивності гібридів, то саме високі позитивні значення СКЗ окремих комбінацій безпосередньо пов'язані з проявом максимального ефекту гетерозису. Іншими словами, наявність у ліній високої ЗКЗ є необхідною, але недостатньою умовою для отримання високогетерозисних гібридів. Виняткові результати, коли продуктивність гібриду значно перевищує сумарний внесок його батьківських форм, зумовлені саме унікальною генетичною взаємодією в конкретній комбінації схрещувань, що відображається показниками СКЗ (Birchler, Yao, & Chudalayandi, 2006).

Таким чином, оцінка та добір за специфічною комбінаційною здатністю є важливим етапом у створенні гетерозисних гібридів пшениці. Дослідження СКЗ дозволяє ідентифікувати перспективні комбінації схрещування з високим потенціалом прояву гетерозису за основними господарсько-цінними ознаками, що дає змогу оптимізувати ресурсомісткий процес експериментального схрещування та оцінювання гібридного матеріалу. Вивчення закономірностей успадкування СКЗ, її зв'язку з генетичною віддаленістю батьківських форм та молекулярно-генетичними маркерами становить основу для розробки науково обґрунтованих схем гетерозисної селекції (Koemel, Guenzi, & Carver, 2004) (Сич, Жемойда, & Сидорка, 2004).

Аналіз варіанс специфічної комбінаційної здатності за ознакою довжини колоса (табл. 4.12) виявив диференційований внесок досліджуваних ліній та тестерів у формування гетерозисних ефектів. Значущі варіанси ліній ( $\delta^2si$ ) виявлено у зразків Метелиця Харківська (0,13) та Соборна (0,11), що свідчить про їхню здатність до специфічної взаємодії з тестерами.

Таблиця 4.12 – Оцінка ефектів СКЗ гібридів пшениці м'якої озимої за ознакою довжина колоса, 2024-2025 рр.

Лінії	Тестери					Варіанса ліній $\delta^2si$
	Mescal	Urbanus	Київська 17	Лірика Білоцерківська	Ювілейна Патона	
Altigo	0,16	-0,18	0,04	0,30*	-0,32*	0,05
Зореслава	0,27*	0,22*	-0,32*	-0,23*	0,05	0,06
Метелиця Харківська	-0,54*	0,31*	0,11	-0,23*	0,35*	0,13*
Соборна	0,34*	-0,57*	0,04	0,03	0,15	0,11*
Тайра	-0,24*	0,21*	0,12	0,13	-0,23*	0,04
Варіанса тестерів $\delta^2sj$	0,13*	0,13*	0,02	0,05	0,07	
НІР <sub>05</sub>	0,21	x $\delta^2si$	0,08	x $\delta^2sj$	0,08	

Примітка. Символом «\*» позначені – статистично значущі відмінності при 95% рівні достовірності.

Серед тестерів значущі значення варіанс ( $\delta^2sj$ ) виявлено у Mescal та Urbanus (по 0,13), що підтверджує їхню роль у формуванні специфічних комбінаційних ефектів із різними лініями. Вони проявляють високу диференціюючу здатність, тобто по-різному виявляють потенціал ліній, з якими вони схрещуються.

Під час аналізу специфічної комбінаційної здатності за ознакою кількості колосків у колосі (табл. 4.13) статистично достовірне значення варіанси ліній виявлено лише у зразку Тайра (0,58), що свідчить про її високий рівень специфічної комбінаційної здатності за цією ознакою. Аналіз варіанс тестерів виявив істотні значення у зразків Лірика Білоцерківська (0,45) та Ювілейна Патона (0,28), що

вказує на їхню здатність формувати ефект гетерозису у поєднанні з різними лініями саме за кількістю колосків у колосі.

Таблиця 4.13 – Оцінка ефектів СКЗ гібридів пшениці м'якої озимої за ознакою кількість колосків в колосі, 2024-2025 рр.

Лінії	Тестери					Варіанса ліній $\delta^2si$
	Mescal	Urbanus	Київська 17	Лірика Білоцерківська	Ювілейна Патона	
Altigo	0,42	-0,42	0,30	-0,41	0,11	0,08
Зореслава	0,24	0,70*	-0,53	-0,41	0,01	0,17
Метелиця Харківська	-0,47	0,39	-0,24	-0,39	0,70*	0,20
Соборна	-0,18	-0,32	0,45	-0,06	0,11	0,02
Тайра	-0,01	-0,34	0,02	1,27*	-0,94*	0,58*
Варіанса тестерів $\delta^2sj$	0,05	0,19	0,08	0,45*	0,28*	
НІР <sub>05</sub>	0,58	x $\delta^2si$	0,21	x $\delta^2sj$	0,21	

Примітка. Символом «\*» позначені – статистично значущі відмінності при 95% рівні достовірності.

Значення ефектів СКЗ та варіанс для ознаки кількості зерен у колосі мають значно більшу абсолютну величину порівняно з попередніми ознаками (табл. 4.14), що свідчить про більш виражену специфічність генетичних взаємодій. Найвищу значущу варіансу ліній проявив зразок Метелиця Харківська (18,84), що вказує на її високий рівень специфічної комбінаційної здатності саме за цією ознакою. Лінія Тайра також має значущу варіансу (9,92), проявляючи високий рівень специфічності її взаємодії. Серед тестерів достовірні варіанси зафіксовано у Mescal (18,07) та Urbanus (12,54). Це підкреслює їхню важливу роль у формуванні специфічних комбінаційних ефектів, які впливають на кількість зерен у колосі.

Таблиця 4.14 – Оцінка ефектів СКЗ гібридів пшениці м'якої озимої за ознакою кількість зерен в колосі, 2024-2025 рр.

Лінії	Тестери					Варіанса ліній $\delta^2si$
	Mescal	Urbanus	Київська 17	Лірика Білоцерківська	Ювілейна Патона	
Altigo	0,02	-3,68*	0,31	1,92	1,43	3,83
Зореслава	2,02	1,90	-2,72*	-3,00*	1,80	5,82
Метелиця Харківська	-6,13*	5,48*	2,59*	0,30	-2,24*	18,84*
Соборна	-1,58	-1,55	0,63	1,00	1,50	1,12
Тайра	5,67*	-2,15*	-0,81	-0,22	-2,49*	9,92*
Варіанса тестерів $\delta^2sj$	18,07*	12,54*	2,79	2,45	3,68	
НІР <sub>05</sub>	2,14	x $\delta^2si$	7,91	x $\delta^2sj$	7,91	

Примітка. Символом «\*» позначені – статистично значущі відмінності при 95% рівні достовірності.

За результатами оцінки специфічної комбінаційної здатності за ознакою маси зерна з колоса (табл. 4.15) виявлено, що достовірні значення варіанс ліній мають Зореслава (0,07) та Метелиця Харківська (0,06). Істотні значення серед тестерів встановлено у Mescal (0,04), Urbanus (0,04) та Київська 17 (0,05), що підкреслює їх активну роль у формуванні специфічних комбінаційних ефектів за даною ознакою.

Таблиця 4.15 – Оцінка ефектів СКЗ гібридів пшениці м'якої озимої за ознакою маса зерен з колоса, 2024-2025 рр.

Лінії	Тестери					Варіанса ліній $\delta^2si$
	Mescal	Urbanus	Київська 17	Лірика Білоцерківська	Ювілейна Патона	
Altigo	-0,15*	-0,18*	0,17*	0,19*	-0,04	0,03
Зореслава	0,16*	-0,03	-0,39*	-0,06	0,31*	0,07*
Метелиця Харківська	-0,20*	0,32*	0,20*	-0,19*	-0,13*	0,06*
Соборна	0,26*	-0,14*	0,07	-0,10	-0,09	0,02
Тайра	-0,07	0,02	-0,05	0,15*	-0,05	0,01
Варіанса тестерів $\delta^2sj$	0,04*	0,04*	0,05*	0,02	0,03	
НІР <sub>05</sub>	0,11	x $\delta^2si$	0,04	x $\delta^2sj$	0,04	

Примітка. Символом «\*» позначені – статистично значущі відмінності при 95% рівні достовірності.

За результатами оцінки специфічної комбінаційної здатності за ознакою маси 1000 зерен (табл. 4.16) виявлено значущі варіанси у ліній Зореслава (11,81), Соборна (12,55) та Тайра (9,63), тоді як лінії Altigo (6,35) та Метелиця Харківська (3,84) не досягли рівня статистичної значущості. Серед тестерів достовірні значення варіанс зафіксовано у Mescal (18,38) та Київська 17 (9,26).

Таблиця 4.16 – Оцінка ефектів СКЗ гібридів пшениці м'якої озимої за ознакою маса 1000 зерен, 2024-2025 рр.

Лінії	Тестери					Варіанса ліній $\delta^2_{si}$
	Mescal	Urbanus	Київська 17	Лірика Білоцерківська	Ювілейна Патона	
Altigo	-3,27*	0,36	3,34*	1,49	-1,92*	6,35
Зореслава	0,76	-1,97*	-5,00*	2,46*	3,76*	11,81*
Метелиця Харківська	1,89*	0,36	1,29	-3,53*	-0,01	3,84
Соборна	5,83*	-1,26	1,07	-2,92*	-2,72*	12,55*
Тайра	-5,21*	2,52*	-0,70	2,50*	0,89	9,63*
Варіанса тестерів $\delta^2_{sj}$	18,38*	2,41	9,26*	8,26	5,88	
НІР <sub>05</sub>	1,67	x $\delta^2_{si}$	8,84	x $\delta^2_{sj}$	8,84	

Примітка. Символом «\*» позначені – статистично значущі відмінності при 95% рівні достовірності.

Оцінка СКЗ за вмістом білка (табл. 4.17) виявила достовірну варіансу ліній ( $\delta^2_{si}$ ) лише у зразка Altigo (0,55), що вказує на наявність у неї вираженої специфічної взаємодії з тестерами за даною ознакою. Аналіз варіанс тестерів ( $\delta^2_{sj}$ ) виявив достовірні значення у Лірики Білоцерківської (0,51), Urbanus (0,43) та Mescal (0,31).

Оцінюючи специфічну комбінаційну здатність за вмістом сирої клейковини (табл. 4.18) встановлено, що значущі варіанси ліній мають лінії Соборна (0,58) та Тайра (0,67). Щодо варіанс тестерів, то значущі показники виявлено у тестерів Urbanus (0,96) та Лірика Білоцерківська (0,65), що свідчить про їхню значну роль у формуванні специфічних комбінаційних ефектів за цією ознакою.

Таблиця 4.17 – Оцінка ефектів СКЗ гібридів пшениці м'якої озимої за ознакою вміст білку, 2024-2025 рр.

Лінії	Тестери					Варіанса ліній $\delta^2_{si}$
	Mescal	Urbanus	Київська 17	Лірика Білоцерківська	Ювілейна Патона	
Altigo	0,83*	0,77*	-0,46	-0,94*	-0,20	0,55*
Зореслава	0,33	-0,65*	0,06	-0,13	0,38	0,12
Метелиця Харківська	-0,60*	-0,36	0,27	0,73*	-0,04	0,23
Соборна	0,00	-0,49*	0,08	0,77*	-0,36	0,19
Тайра	-0,55*	0,73*	0,04	-0,44	0,22	0,22
Варіанса тестерів $\delta^2_{sj}$	0,31*	0,43*	0,02	0,51*	0,04	
НР <sub>05</sub>	0,48	x $\delta^2_{si}$	0,26	x $\delta^2_{sj}$	0,26	

Примітка. Символом «\*» позначені – статистично значущі відмінності при 95% рівні достовірності.

Під час оцінки специфічної комбінаційної здатності за коефіцієнтом продуктивного кушення (табл. 4.19) встановлено, що значущу варіансу ліній має лише Тайра (0,24), тоді як серед тестерів статистично достовірне значення відмічено у тестера Urbanus (0,22).

Таблиця 4.18 – Оцінка ефектів СКЗ гібридів пшениці м'якої озимої за ознакою вміст сирої клейковини, 2024-2025 рр.

Лінії	Тестери					Варіанса ліній $\delta^2_{si}$
	Mescal	Urbanus	Київська 17	Лірика Білоцерківська	Ювілейна Патона	
Altigo	0,42	0,85*	0,00	-0,74*	-0,54*	0,39
Зореслава	0,54*	-0,73*	-0,03	-0,07	0,28	0,19
Метелиця Харківська	-0,53*	-0,30	0,45*	0,46*	-0,09	0,16
Соборна	0,11	-1,06*	-0,06	1,15*	-0,15	0,58*
Тайра	-0,55*	1,23*	-0,37	-0,81*	0,49*	0,67*
Варіанса тестерів $\delta^2_{sj}$	0,23	0,96*	0,05	0,65*	0,12	
НР <sub>05</sub>	0,42	x $\delta^2_{si}$	0,40	x $\delta^2_{sj}$	0,40	

Примітка. Символом «\*» позначені – статистично значущі відмінності при 95% рівні достовірності.

Подальший аналіз специфічної комбінаційної здатності за додатковими ознаками встановив, що за висотою рослин (Додаток Д.1) достовірні варіанси ліній виявлено у зразка Зореслава (13,17) та Метелиця Харківська (15,53), тоді як серед тестерів лише у Mescal (19,77).

Таблиця 4.19 – Оцінка ефектів СКЗ гібридів пшениці м'якої озимої за ознакою коефіцієнт продуктивного кушення, 2024-2025 рр.

Лінії	Тестери					Варіанса ліній $\delta^2si$
	Mescal	Urbanus	Київська 17	Лірика Білоцерківська	Ювілейна Патона	
Altigo	-0,54*	-0,16	0,42*	0,13	0,15	0,10
Зореслава	0,16	0,33	-0,27	-0,40*	0,18	0,07
Метелиця Харківська	0,39	-0,45*	0,12	-0,39	0,32	0,12
Соборна	0,22	-0,42*	0,24	0,26	-0,29	0,08
Тайра	-0,23	0,71*	-0,51*	0,40*	-0,36	0,24*
Варіанса тестерів $\delta^2sj$	0,11	0,22*	0,11	0,10	0,06	
НІР <sub>05</sub>	0,39	x $\delta^2si$	0,12	x $\delta^2sj$	0,12	

Примітка. Символом «\*» позначені – статистично значущі відмінності при 95% рівні достовірності.

За датою колосіння (Додаток Д.2) значущі варіанси ліній виявлено у Altigo (0,18), Зореслави (0,09) та Метелиці Харківської (0,13), а серед тестерів – у Mescal (0,39) та Ювілейної Патона (0,10).

Аналіз ураження септоріозом (Додаток Д.3), встановив значущі варіанси ліній у Зореслави (88,20) та Соборної (84,57), тоді як серед тестерів вони були характерні для Mescal (94,95) та Ювілейної Патона (52,95).

За результатами оцінки ураження борошністою россою (Додаток Д.4) значущу варіансу ліній ( $\delta^2si$ ) має лише Тайра (138,61), а серед тестерів ( $\delta^2sj$ ) – Urbanus (92,24), Київська 17 (50,36) та Ювілейна Патона (56,61).

За результатами оцінки специфічної комбінаційної здатності за ознакою врожайності (табл. 4.20) виявлено, що значущі варіанси ліній мають зразки Altigo

(3,91) та Зореслава (1,96), що свідчить про наявність у них вираженої специфічної взаємодії з тестерами за цією комплексною ознакою.

Таблиця 4.20 – Оцінка ефектів СКЗ гібридів пшениці м'якої озимої за ознакою врожайності, 2024-2025 рр.

Лінії	Тестери					Варіанса ліній $\delta^2_{si}$
	Mescal	Urbanus	Київська 17	Лірика Білоцерківська	Ювілейна Патона	
Altigo	-3,06*	-1,02	1,77*	1,59*	0,72	3,91*
Зореслава	1,18*	1,21*	-1,32*	-1,88*	0,80	1,96*
Метелиця Харківська	0,88	-0,02	0,29	-1,32*	0,17	0,42
Соборна	0,42	-1,69*	0,56	1,18*	-0,47	1,01
Тайра	0,58	1,52*	-1,30*	0,42	-1,22*	1,27
Варіанса тестерів $\delta^2_{sj}$	2,77*	1,69	1,50	2,11*	0,49	
HP <sub>05</sub>	1,03	x $\delta^2_{si}$	1,71	x $\delta^2_{sj}$	1,71	

Примітка. Символом «\*» позначені – статистично значущі відмінності при 95% рівні достовірності.

Серед тестерів значущі варіанси встановлено у Mescal (2,77) та Лірика Білоцерківська (2,11), що підкреслює їхню провідну роль у формуванні специфічних комбінаційних ефектів, які впливають на рівень врожайності гібридів.

#### Висновки до розділу 4

1. Встановлено значну генетичну варіабельність прояву гетерозису у гібридів F<sub>1</sub> пшениці м'якої озимої за комплексом господарсько-цінних ознак. Найвищий рівень істинного гетерозису за врожайністю (71,7 %) відмічено у комбінації Метелиця Харківська/Mescal, тоді як високі позитивні значення також характерні для комбінацій Зореслава/Mescal (66,2 %), Тайра/Mescal (54,6 %) та Соборна/Mescal (49,5 %).

2. Для показників якості зерна (вміст білка та сирогої клейковини) встановлено переважання слабого, або від'ємного гетерозису, що свідчить про

складніший характер успадкування цих ознак. Позитивний гетерозис за вказаними показниками виявлено у комбінації Altigo/Urbanus.

3. За морфологічними та компонентними ознаками продуктивності (маса зерен з колоса, маса 1000 зерен, коефіцієнт продуктивного кущення) встановлено широкий спектр типів успадкування – від наддомінування до депресії. Найбільш виражені ефекти гетерозису за окремими ознаками проявили комбінації Altigo/Лірика Білоцерківська, Соборна/Mescal та Метелиця Харківська/Mescal.

4. Аналіз загальної комбінаційної здатності батьківських компонентів встановив істотну диференціацію генотипів за середнім впливом на формування продуктивності та її структурних елементів у гібридних потомствах. Найвищі ефекти ЗКЗ за врожайністю встановлено у сортів Mescal, Метелиця Харківська та Зореслава, що дозволяє розглядати їх як ефективні джерела продуктивності у гетерозисній селекції.

5. За показниками якості зерна найбільшу селекційну цінність мають генотипи Altigo та Urbanus, які достовірно підвищують вміст білка та сирої клейковини у гібридних потомствах. Джерелами підвищеної крупності зерна (маси 1000 зерен) визначено Київська 17 та Urbanus.

6. Оцінка специфічної комбінаційної здатності виявила значний вплив конкретних генетичних поєднань на формування елементів структури врожаю та врожайності. Найвищі варіанси СКЗ встановлено у ліній Метелиця Харківська та Зореслава і тестерів Mescal, Urbanus та Київська 17.

7. За показниками якості зерна найбільш виражену специфічну комбінаційну здатність проявили комбінації за участю лінії Altigo (за вмістом білка) та ліній Соборна і Тайра (за вмістом сирої клейковини) у поєднанні з тестерами Urbanus та Лірика Білоцерківська.

8. Виділено перспективні гібридні комбінації для подальшого використання у селекційній роботі: Зореслава/Mescal – за комплексом ознак продуктивності, Метелиця Харківська/Mescal – за врожайністю та кількістю зерен у колосі, Altigo/Urbanus – за показниками якості зерна,

## РОЗДІЛ 5. КОНКУРСНИЙ ГЕТЕРОЗИС У СТВОРЕНИХ ГІБРИДІВ F<sub>1</sub> ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ВИДІЛЕНИХ БАТЬКІВСЬКИХ КОМПОНЕТІВ

### 5.1. Оцінка конкурсного гетерозису у гібридів першого покоління пшениці м'якої озимої

Феномен гетерозису, що проявляється у перевищенні гібридами за рівнем розвитку та продуктивністю своїх батьківських форм, є фундаментальною основою сучасної генетики та селекції. Конкурсний гетерозис характеризує перевагу гібридів першого покоління над найкращими стандартами за комплексом господарсько-цінних ознак, включно з врожайністю, адаптивною пластичністю, стійкістю до абіотичних та біотичних стресових факторів.

Цінність конкурсного гетерозису полягає у його здатності трансформувати генетичні механізми, зокрема домінування, або наддомінування, у практично значущі господарські та економічні показники. Він виступає об'єктивним критерієм ефективності селекційної програми, оскільки результатом селекційного процесу є не лише біологічно конкурентноспроможний, а й економічно цінний генотип. Таким чином, завданням сучасної селекції полягає не лише в отриманні гетерозисного ефекту, а й у його стабілізації та реалізації в генотипах, що перевищують існуючі стандарти за комплексом кількісних і якісних ознак.

Для оцінки рівня конкурсного гетерозису експериментальних гібридів вибрано сорти-стандарти за кожним із досліджуваних показників (табл. 5.1). На основі цих даних визначено значення гетерозису для оцінки ефективності створених гібридів.

Більшість гібридних комбінацій проявили позитивний гетерозис за висотою рослин (від +12,1 % до +45,8 %)(Додаток Е, табл. 5.1), зокрема гібрид Зореслава/Ювілейна Патона (+45,8%). Відносно нижчі значення позитивного гетерозису за висотою рослин відмічено у гібридних комбінаціях за участю лінії Altigo. Мінімальний приріст порівняно зі стандартами встановлено у гібриду

Altigo/Mescal (+12,1 %). Від'ємних значень конкурсного гетерозису за цією ознакою серед дослідних зразків не виявлено.

Таблиця 5.1 – Значення найбільш цінних стандартів за окремими господарського-цінними ознаками

Показник	Стандарт	Значення за 2024–2025 рр.
Висота рослини, см	Нуасінт	71,0±1,4
Тривалість періоду між 1 січням та колосінням, діб	Смуглянка	142,9±2,7
Ураження збудником борошнистої роси, %	МПП Фортуна	5,0±7,1
Ураження збудником септоріозу, %	Подолянка	32,3±7,4
Довжина колоса, см	Престижна	10,3±0,1
Кількість колосків в колосі, шт	Престижна	17,9±0,6
Маса зерен з колоса, г	Престижна	3,5±0,5
Маса 1000 зерен, г	Престижна	62,8±5,8
Вміст білку, %	Престижна	15,1±0,9
Вміст сирової клейковини, %	Нуасінт	30,9±2,3
Коефіцієнт продуктивного кушення	МПП Фортуна	4,5±1,1
Врожайність, т/га	МПП Фортуна	9,5±0,5

За ознакою дати колосіння конкурсний гетерозис у більшості гібридів проявляється незначним зсувом у бік пізніших строків розвитку. Водночас виявлено окремі комбінації з тенденцією до прискороного колосіння, що свідчить про можливість регулювання тривалості вегетаційного періоду через підбір батьківських компонентів. Найбільш виражене скорочення періоду колосіння відзначено у гібридів Тайра/Лірика Білоцерківська (-0,6 %) та Соборна/Київська 17 (-0,3 %).

За оцінки ураження збудником борошнистої роси найбільш виражене зниження рівня ураження порівняно зі стандартом виявлено у гібриду Соборна/Ювілейна Патона (-45 %). Стійкість на рівні стандарту проявили гібриди Altigo/Mescal, Соборна/Лірика Білоцерківська, Тайра/Ювілейна Патона та Тайра/Mescal (по 0 %).

Аналіз значень конкурсного гетерозису за ступенем ураження збудником септоріозу виявив більш збалансовану структуру варіації порівняно з борошнистою росою, з наявністю низки комбінацій, що проявили підвищену стійкість. Найбільш виражений ефект виявлено у гібридів Зореслава/Лірика Білоцерківська (-63,0 %) та

Соборна/Mescal (-63,0 %). Ці комбінації значно перевищують стандарт за стійкістю до цього патогена. Також підвищену резистентність проявили комбінації Зореслава/Київська 17 (-43,0 %), Тайра/Київська 17 (-43,0 %), Соборна/Ювілейна Патона (-44,4 %) та Соборна/Київська 17 (-29,6 %).

Водночас у частини гібридів спостерігається підвищена сприйнятливість до патогена, зокрема у комбінацій Метелиця Харківська/Ювілейна Патона (+60,7 %), Altigo/Ювілейна Патона (+42,2 %), Метелиця Харківська/Mescal (+42,2 %) та Метелиця Харківська/Urbanus (+42,2 %).

За ознакою маси 1000 зерен позитивного конкурсного гетерозису не проявлено, що свідчить про відсутність переваги досліджуваних гібридів над стандартом за цим показником.

Подібна тенденція просліджується і за показником довжини колоса, де лише окремі комбінації проявляють незначний позитивний ефект, зокрема Метелиця Харківська/Ювілейна Патона (+5,2 %) та Зореслава/Mescal (+0,7 %).

Найбільший позитивний гетерозис за показником кількості колосків у колосі виявлено у гібрида Метелиця Харківська/Ювілейна Патона (+20,4 %). Також помітне збільшення кількості колосків встановлено у комбінацій Altigo/Ювілейна Патона (+10,5 %) та Зореслава/Ювілейна Патона (+9,7 %), що може свідчити про роль сорту Ювілейна Патона як донора генів пов'язаних з підвищенням продуктивності колоса. Кілька гібридів з батьківською формою Mescal. проявили помірне збільшення кількості колосків: Метелиця Харківська/Mescal (+8,1 %), Altigo/Mescal (+6,4 %) та Зореслава/Mescal (+5,5 %).

Найбільш виражений конкурсний гетерозис за врожайністю встановлено у гібридів Зореслава/Mescal (+29,8 %) та Метелиця Харківська/Mescal (+28,4 %). Також високі значення показника відмічено у комбінаціях Тайра/Mescal (+14,6 %), Зореслава/Urbanus (+13,9 %) та Зореслава/Ювілейна Патона (+9,4 %). Помірний позитивний ефект проявили гібриди Тайра/Urbanus (+9,2 %) та Метелиця Харківська/Ювілейна Патона (+4,0 %).

Важливо відзначити, що компонент Mescal входить до складу більшості найбільш продуктивних гібридів, що може свідчити про його високу комбінаційну

здатність як донора продуктивності. Водночас ефект гетерозису має виражений специфічний характер і значною мірою залежить від конкретного поєднання батьківських форм.

## **5.2. Характеристика гібридів F<sub>1</sub> пшениці м'якої озимої за цінними господарськими ознаками**

Важливим етапом гетерозисної селекції є комплексна оцінка відібраних гібридних форм у порівнянні з сучасними сортами-стандартами. Такий підхід дозволяє визначити реальну практичну цінність експериментальних гібридів, ступінь реалізації їх генетичного потенціалу в конкретних агроекологічних умовах та виявити зразки, що перевершують існуючі сорти за господарсько-цінними ознаками.

На основі результатів досліджень прояву цінних господарських ознак (Додатки В1–В14), показників гетерозису (табл. 4.1–4.7), загальної (Додаток Г) та специфічної комбінаційної здатності (табл. 4.8–4.16), відібрано найперспективніші гібридні комбінації F<sub>1</sub> пшениці м'якої озимої. Метою даного підрозділу є агробіологічна характеристика виділених експериментальних гібридів за комплексом основних ознак: продуктивністю (врожайністю), елементами структури врожаю (масою 1000 зерен), якістю зерна (вмістом білку та сирової клейковини) та рівнем природної стійкості проти збудників основних листових хвороб – септоріозу та борошнистої роси.

Порівняльний аналіз (табл. 5.2) проведено із сучасними сортами-стандартами різного походження, що дозволить об'єктивно оцінити конкурентні переваги кожної гібридної комбінації та оцінити загальну збалансованість прояву основних господарських ознак.

Гібрид Зореслава/Mescal проявив найвищу врожайність серед досліджених зразків – 12,4 т/га, що суттєво перевищує показники сортів-стандартів. Він також відзначається високою масою 1000 зерен (52,4 г) та помірним рівнем ураження збудниками листових хвороб (43 % септоріоз, 15 % борошниста роса), а показники

якості зерна (вміст білку (13,2 %) та сирі клейковини (27,8 %) знаходяться на рівні стандартів, що дозволяє розглядати дану комбінацію як перспективну для селекції на підвищену продуктивність.

Гібрид Метелиця Харківська/Mescal також характеризується високою врожайністю (12,3 т/га) та масою 1000 зерен (53,4 г). Рівень ураження збудниками септоріозу та борошністої роси становить 48 % та 15 % відповідно, а показники якості зерна (12,5 % білку, 26,7 % сирі клейковини) знаходяться на рівні стандартів. Дана комбінація є конкурентоспроможною завдяки високій продуктивності та крупності зерна.

Таблиця 5.2 – Агробіологічні показники перспективних гібридних комбінацій порівняно зі стандартами, 2024-2025 рр.

Гібридна комбінація	Маса 1000 зерен, г	Ураження збудником септоріозу, %	Ураження збудником борошністої роси, %	Зимостійкість	Вміст білку, %	Вміст сирі клейковини, %	Врожайність, т/га
Гібриди							
Зореслава/Mescal	52,4	43	15	8,5	13,2	27,8	12,4
Метелиця Харківська/Mescal	53,4	48	15	9,0	12,5	26,7	12,3
Тайра/Mescal	44,5	28	5	9,0	12,2	26,7	11,0
Зореслава/Urbanus	53,5	28	10	9,0	12,9	28,1	10,9
Тайра/Urbanus	56,1	43	38	9,0	14,2	30,1	10,5
Зореслава/Ювілейна Патона	57,7	28	13	9,0	12,8	26,9	10,4
Соборна/Mescal	55,1	10	10	9,0	12,6	26,5	9,7
Altigo/Urbanus	55,7	33	10	8,5	15,9	30,8	6,6
Стандарти							
МПП Фортуна	49,2	39	5	9,0	12,4	27,2	9,5
Престижна	62,8	52	5	9,0	15,1	30,6	9,3
Смуглянка	49,0	39	19	9,0	12,6	27,6	7,5
Подольнка	51,0	32	19	9,0	12,7	26,8	6,9
Нуасинт	41,8	43	5	8,3	14,3	30,9	3,9
НІР <sub>05</sub>	3,0	9,5	12,8	0,3	0,8	0,8	1,6

Гібрид Тайра/Mescal вирізняється підвищеною стійкістю збудника борошністої роси (5 %) та помірним рівнем ураження септоріозом (28 %).

Врожайність гібриду (11,0 т/га) перевищує показники стандартів, тоді як маса 1000 зерен (44,5 г) та показники якості зерна відповідають їх рівню. Комбінація є цінним джерелом поєднання продуктивності та стійкості проти збудників хвороб.

Гібрид Зореслава/Urbanus поєднує високу масу 1000 зерен (53,5 г) з підвищеною врожайністю (10,9 т/га) та помірною стійкістю проти збудника септоріозу (28 %). Вміст білку (12,9 %) та сирі клейковини (28,1 %) знаходиться на рівні стандартів, що свідчить про збалансованість комплексу господарських ознак.

Гібрид Тайра/Urbanus виділяється високими значеннями маси 1000 зерен (56,1 г) та показниками якості зерна (14,2 % білку, 30,1 % сирі клейковини), які перевищують більшість стандартів. Однак він має підвищену сприйнятливість до листових хвороб (43 %) септоріозу та (38 %) борошністої роси. Незважаючи на це врожайність гібриду (10,5 т/га) залишається високою, що робить його цінним матеріалом для селекції за рахунок поєднання продуктивності та показників якості зерна.

Гібрид Зореслава/Ювілейна Патона вирізняється найбільшою масою 1000 зерен серед досліджених гібридів (57,7 г) та високою врожайністю (10,4 т/га). Рівень ураження листовими хворобами (28 % септоріоз, 13 % борошніста роса) та показники якості зерна (12,8 % вміст білку, 26,9 % вміст сирі клейковини) знаходяться на рівні стандартів.

Гібрид Соборна/Mescal характеризується найвищою стійкістю до листових хвороб: рівень ураження збудником септоріозу та борошністої роси становив лише 10 %. Врожайність гібриду (9,7 т/га) перевищує всі сорти-стандарти, що дозволяє розглядати цю комбінацію як цінне джерело стійкості до патогенів.

Гібрид Altigo/Urbanus вирізняється максимальними показниками якості – 15,9 % білку та 30,8 % – сирі клейковини, що перевищує показники найкращих стандартів. Однак врожайність (6,6 т/га) є нижчою, а рівень ураження хворобами – помірний. Дана комбінація становить інтерес як джерело високо-якісного зерна.

Порівняльний аналіз зі сортами-стандартами встановив, що більшість відібраних гібридів перевищує їх за врожайністю та характеризується більшою

масою 1000 зерен. Винятком є стандарт Престижна, який має найвищий показник маси 1000 зерен (62,8 г), однак поступається гібридам за врожайністю та характеризується підвищеною сприйнятливістю до збудника септоріозу (52 %). Загалом виділені гібридні комбінації характеризуються більш збалансованим поєднанням продуктивності і крупності зерна, стійкості проти збудників листових хвороб та якістю зерна, що підтверджує ефективність гетерозисної селекції для одночасного покращення комплексу господарсько-цінних ознак пшениці м'якої озимої.

### **5.3. Характеристика виділених батьківських ліній та розробка моделі їх використання у гетерозисній селекції**

На основі аналізу результатів гібридизації, прояву гетерозису, а також оцінки ЗКЗ, СКЗ встановлено, що найвищу селекційну цінність серед материнських компонентів проявили зразки Зореслава, Тайра та Метелиця Харківська, які поєднують оптимальні морфо-біологічні параметри з високим рівнем комбінаційної здатності. Серед батьківських форм найбільш перспективними визначено Mescal, Urbanus та Ювілейну Патона, які входили до складу більшості високопродуктивних гібридних комбінацій (Додаток В.14)

Серед зразків материнського пулу найбільш перспективною є Зореслава, яка характеризується відносно ранніми термінами дозрівання, помірною висотою рослини та високим рівнем урожайності (табл. 5.3, рис. 5.1).

У схрещуваннях із різними тестерами Зореслава проявляє стабільно високі значення загальної (ЗКЗ) та специфічної (СКЗ) комбінаційної здатності за ознаками структури колосу та врожайності. Найвищий середній рівень врожайності досліджених гібридів (12,4 т/га) отримано в комбінації Зореслава/Mescal.

Таблиця 5.3 – Комплексна оцінка батьківських компонентів пшениці м'якої озимої за показниками селекційної цінності (2023-2025 рр.)

Батьківські компоненти	Висота рослин, см	Тривалість періоду “1 січня-колосіння”, діб	Рівень викидання пиляків, бал	Висока ЗКЗ за ознаками	Висока варіанса СКЗ за ознаками	Врожайність,		
						ЗКЗ	Варіанса СКЗ	т/га
Материнські форми								
Altigo	73,4±3,5	145,5±2,3	7,7±0,6	Вміст білка та сирої клейковини, кількість колосків в колосі	Вміст білку, врожайність	-1,15	+3,91	5,49
Зореслава	83,5±2,8	144,9±2,5	6,7±0,6	Елементи структури колоса, маса 1000 зерен, врожайність	Маса 1000 зерен, врожайність	+0,91	+1,96	7,00
Метелиця Харківська	86,8±4,2	146,7±1,9	7,0±1,0	Елементи структури колоса, маса 1000 зерен, врожайність	Елементи структури колоса	+1,11	+0,42	6,89
Соборна	78,5±7,9	140,9±2,0	8,0±0,0	Стійкість до збудників септоріозу та борошнистої роси	Маса 1000 зерен, вміст сирої клейковини	-1,01	+1,01	5,78
Тайра	78,8±7,6	142±2,2	7,7±0,6	Коефіцієнт продуктивного кушення	Коефіцієнт продуктивного кушення	+0,13	+1,27	6,32
Чоловічі форми								
Mescal	80,7±6,2	150,1±2,6	5,3±0,6	Елементи структури колоса, коефіцієнт продуктивного кушення, врожайність	Елементи структури колоса, Маса 1000 зерен, вміст білку, врожайність	+1,47	+2,77	5,63
Urbanus	81,0±7,4	146,8±2,1	7,3±0,6	Вміст білка, вміст сирої клейковини, маса 1000 зерен	Елементи структури колоса, вміст білка та сирої клейковини	0,00	+1,69	6,57
Київська 17	90,1±7,5	144,8±1,3	7,7±0,6	Стійкість до збудника септоріозу, маса 1000 зерен	Маса 1000 зерен	-0,53	+1,50	7,06
Лірика Білоцерківська	91,1±5,7	144,1±1,7	6,7±0,6	Вміст білка, вміст сирої клейковини,	Вміст білка та сирої клейковини, врожайність	-0,79	+2,11	6,81
Ювілейна Патона	88,8±2,0	148,8±3,0	6,7±0,6	Елементи структури колоса	кількість колосків в колосі	-0,14	+0,49	6,03



Рисунок 5.1 – Зліва на право: Зореслава, Тайра, Метелиця Харківська

Зразок Тайра характеризується оптимальним поєднанням морфологічних і фенологічних ознак для використання як материнської форми: висота рослин становить 79 см, тривалість періоду до колосіння відповідає ранньостиглому стандарту Смуглянка (142 дні), а інтенсивність екструзії пиляків є високою (7,8 балів), що є критично важливим для потенційного використання чоловічостерильного аналога цієї лінії

Встановлено її високу загальну комбінаційну здатність за коефіцієнтом продуктивного кущення, а також значущі ефекти специфічної комбінаційної здатності у конкретних гібридних поєднаннях ознак: довжина колосу, маса зерна з рослини, маса 1000 зерен та врожайність. Це забезпечило входження комбінацій Тайра/Mescal та Тайра/Urbanus групи найбільш продуктивних у дослідженні.

Метелиця Харківська характеризується пізнішими строками колосіння (147 діб) та дещо більшою висотою рослин (87 см), проте відзначається високим рівнем екструзії пиляків і значним потенціалом врожайності.

Зразок проявляє високі значення загальної комбінаційної здатності за елементами структури врожаю та врожайності, що обумовлює його ефективність у створенні гібридів інтенсивного типу.

Altigo є низькорослою формою середньо-раннього терміну дозрівання, яка характеризується високою загальною комбінаційною здатністю за ознаками кількості колосків у колосі та маси 1000 зерен. Встановлено її стабільний вплив на зниження висоти рослин і скорочення вегетаційного періоду в гібридних потомствах. За її участю формуються гібриди з підвищеними показниками якості зерна, зокрема вмістом білку та сирієї клейковини.

Зразок Соборна незважаючи на відповідність морфо-біологічних показників вимогам до материнських форм характеризувався низьким рівнем загальної та специфічної комбінаційної здатності за ознаками продуктивності, що обмежує його селекційну цінність.

Серед чоловічих форм найвищу цінність проявив сорт Mescal (рис. 5.2), за участю якого отримано три високопродуктивних експериментальних гібридів з урожайністю 12,4; 12,3 та 11,0 т/га. Він характеризувався високим рівнем ЗКЗ за врожайністю та її складовими, що дозволяє розглядати його як універсального донора продуктивності.



Рисунок 5.2 – Зліва на право: Mescal, Urbanus, Ювілейна Патона

Сорт Urbanus відзначається середньою висотою рослин, середньоранніми строками колосіння, достатньо високою інтенсивністю екструзії пиляків і підвищеним рівнем врожайності.

Зразок проявляє високі значення загальної комбінаційної здатності за масою 1000 зерен, та показниками якості зерна, а також значущі ефекти специфічної комбінаційної здатності у гібридних комбінаціях. Гібриди за його участю характеризуються збалансованим поєднанням продуктивності та якості зерна.

Ювілейна Патона є цінним донором ознак структури колосу та характеризується високим рівнем комбінаційної здатності у формуванні продуктивних гібридів, особливо пізньої групи стиглості.

Зразки Лірика Білоцерківська та Київська 17, незважаючи на відповідність основним морфо-біологічним вимогам до чоловічих форм (зокрема, здатність до ефективного перехресного запилення), проявили недостатній рівень комбінаційної здатності, що обмежує їх ефективність у створенні конкурентоспроможних гібридів. Водночас Лірика Білоцерківська виявляє тенденцію до підвищення вмісту білку в зерні гібридів.

З метою систематизації отриманих результатів та підвищення ефективності подальших селекційних досліджень було розроблено моделі батьківських компонентів для використання у гетерозисній селекції пшениці м'якої озимої (рис 5.3, 5.4).

Під час добору самозапильних ліній пшениці м'якої озимої як материнських компонентів гетерозисних гібридів, поряд з оцінкою господарсько-цінних ознак особливу увагу необхідно звертати на синхронізацію цвітіння, що є визначальним чинником ефективного виробництва гібридного насіння. Відібрані форми повинні вирізнятися відносно низькою висотою рослин (70–85 см) та більш ранніми строками колосіння порівняно з батьківськими формами, що забезпечить своєчасну готовність приймочок до рецесії пилку на початку цвітіння чоловічих ліній.



Рисунок 5.3 – Модель материнського компонента для гетерозисної селекції пшениці м'якої озимої

У разі переведення ліній на систему цитоплазматичної чоловічої стерильності для підтримання стерильного аналога критично важливими є високий рівень екструзії пиляків та значна кількість колосків у колосі у фертильного аналога. Зазначені ознаки забезпечать підвищену насінневу продуктивність при розмноженні стерильного аналога ліній.

Вимоги моделі до чоловічих форм (рис. 5.4) спрямовані на забезпечення максимально ефективного виконання функції перехресного запилення. Для оптимального розповсюдження пилку в агрофітоценозі доцільною є підвищена висота рослин у межах 75–95 см.



Рисунок 5.4 – Модель чоловічого компонента для гетерозисної селекції пшениці м'якої озимої

Високого значення набуває також зсув строків цвітіння у бік пізніших порівняно з материнськими формами та високі, стабільні показники інтенсивності екструзії пиляків. Натомість вимоги до коефіцієнта продуктивного кушення та, відповідно, коефіцієнта розмноження є менш суворими, оскільки пріоритетом є якість пилку, а не максимальна насіннева продуктивність самої форми.

## Висновки до розділу 5

1. Встановлено, що більшість досліджених гібридів  $F_1$  пшениці м'якої озимої проявили позитивний конкурсний гетерозис за ознакою висота рослин (до +45,8 % у комбінації Зореслава/Ювілейна Патона) та врожайність, де максимальне перевищення стандарту МПФ Фортуна досягнуто у гібридів Зореслава/Mescal (+29,8 %) та Метелиця Харківська/Mescal (+28,4 %).

2. Виявлено значний диференційований вплив батьківських компонентів на стійкість гібридів до збудників листових хвороб. Найвищу резистентність до септоріозу проявили комбінації Зореслава/Лірика Білоцерківська та Соборна/Mescal (зниження ураження на 63 % порівняно зі стандартом МПФ

Фортуна), а до борошнистої роси – гібрид Соборна/Ювілейна Патона (зниження на 45 % порівняно зі стандартом Подолянка).

3. Доведено, що компонент Mescal характеризується високим впливом на підвищення продуктивності у гібридах  $F_1$  та входить до складу трьох найвроджайніших гібридів (12,4; 12,3 та 11,0 т/га), що дозволяє рекомендувати його як універсального донора для підвищення врожайності в гетерозисній селекції.

4. Визначено, що гібрид Altigo/Urbanus характеризується найвищими показниками якості зерна серед усіх досліджених зразків (вміст білка 15,9 %, сирої клейковини 30,8 %), що перевищує навіть високоякісний стандарт Престижна, однак його врожайність (6,6 т/га) є нижчою за стандарти, що вказує на необхідність подальшої селекційної роботи з цією комбінацією для поєднання якості та продуктивності.

5. Встановлено, що гібрид Соборна/Mescal поєднує найвищу комплексну стійкість проти септоріозу та борошнистої роси (рівень ураження по 10 %) з урожайністю на рівні 9,7 т/га, що перевищує всі сорти-стандарти, і становить особливу цінність як джерело генетичного контролю стійкості до патогенів.

6. На основі комплексної оцінки морфо-біологічних властивостей та комбінаційної здатності виділено найперспективніші материнські (Зореслава, Тайра, Метелиця Харківська) та чоловічі (Mescal, Urbanus, Ювілейна Патона) форми, які характеризуються високою ЗКЗ за врожайністю, оптимальною висотою рослин та достатнім рівнем екструзії пиляків, що є критичним для потенційного використання їх як батьківських компонентів в рамках гетерозисної селекції пшениці м'якої озимої.

7. Розроблено моделі материнських та чоловічих форм для гетерозисної селекції пшениці м'якої озимої, що забезпечують ефективну синхронізацію цвітіння та максимальну реалізацію генетичного потенціалу гібридів  $F_1$ .

## ВИСНОВКИ

1. У результаті дослідження 92 колекційних зразків пшениці м'якої озимої в умовах Правобережного Лісостепу України встановлено значну мінливість морфо-біологічних і господарсько-цінних ознак. Виділено ранньостиглі низькорослі генотипи (Соборна, Тайра, Altigo), придатні для використання як материнські компоненти, та високорослі форми з пізнішим колосінням (Ювілейна Патона, Лірика Білоцерківська, Mescal), перспективні для формування чоловічого пулу. Зразки Зореслава, Київська 17 та Метелиця Харківська характеризуються найвищою врожайністю серед батьківських компонентів (6,9–7,1 т/га) та її стабільністю.

2. Встановлено, що інтенсивність викидання пиляків у досліджених колекційних зразків варіює в межах від 3 до 9 балів. Виділено генотипи з максимальним (9 балів) та стабільним проявом ознаки: Пам'яті Гірка, Співанка Поліська, Ефективна, Еміл, а також Соборна, Altigo, Київська 17 та Тайра (7,7–8,0 балів).

3. Розрахунки коефіцієнтів кореляції між основними господарсько-цінними ознаками та інтенсивністю викидання пиляків виявив середній обернений зв'язок між рівнем викидання пиляків та елементами продуктивності колоса (довжина колоса, кількість колосків та зерен з колосу). Водночас зв'язок із врожайністю та масою 1000 зерен слабкий, що допускає поєднання обох ознак.

4. На основі кластерного аналізу за сукупністю агрономічних ознак досліджувані генотипи розподілено на три групи, що мають чітко виражений селекційний профіль: перша група (Achim, Mescal, Ювілейна Патона) – високопродуктивні пізньостиглі форми; друга група (Altigo, Соборна, Тайра) – ранньостиглі низькорослі зразки з високою екструзією пиляків; третя група (Зореслава, Urbanus, Київська 17, Лірика Білоцерківська, Метелиця Харківська) – генотипи з високими показниками якості зерна та висоти рослин. Такий розподіл забезпечує науково обґрунтоване формування батьківських пулів для гетерозисної селекції.

5. Оцінка загальної комбінаційної здатності (ЗКЗ) виявила донорів основних господарсько-цінних ознак. Високі ефекти ЗКЗ за врожайністю встановлено у сортів Mescal (+1,47), Метелиця Харківська (+1,11) та Зореслава (+0,91); за вмістом білка – у Altigo (+1,29) та Urbanus (+0,63); за вмістом сирої клейковини – у Urbanus (+1,34) та Altigo (+1,09); за масою 1000 зерен – у Київська 17 (+1,88) та Urbanus (+1,52). Джерелами стійкості до септоріозу є сорти Соборна (ефект ЗКЗ –10,1) та Київська 17 (–6,1); до борошнистої роси – Mescal (–6,5) та Ювілейна Патона (–6,0). Аналіз специфічної комбінаційної здатності (СКЗ) підтвердив наявність унікальних генетичних взаємодій у конкретних гібридних комбінаціях, зокрема за участю ліній Altigo, Зореслава та тестерів Mescal, Urbanus.

6. Найбільші варіанси специфічної комбінаційної здатності за ознакою вміст білку спостережено у Altigo (+0,55), Лірика Білоцерківська (+0,51) та Urbanus (+0,43), Вміст сирої клейковини – Urbanus (+0,96), коефіцієнту продуктивного кушення – Тайра (+0,24) та Urbanus (+0,22), врожайність – Altigo (+3,91) та Mescal (+2,77).

7. Встановлено прямий взаємозв'язок між високими показниками ЗКЗ батьківських форм і рівнем прояву гетерозису в гібридних комбінаціях. Найвищі значення істинного гетерозису за врожайністю зафіксовано у комбінаціях Метелиця Харківська/Mescal (71,7 %), Зореслава/Mescal (66,2 %), Тайра/Mescal (54,6 %) та Соборна/Mescal (49,5 %), що ідентифікує сорт Mescal як універсальний компонент із високою комбінаційною здатністю для підвищення продуктивності.

8. Виділено перспективні гібридні комбінації для подальшого використання в селекційних програмах зі створення гібридної пшениці м'якої озимої. Максимальний конкурсний гетерозис за врожайністю порівняно зі стандартом МПП Фортуна забезпечили гібриди Зореслава/Mescal (12,4 т/га, +29,8 %) та Метелиця Харківська/Mescal (12,3 т/га, +28,4 %). Гібрид Altigo/Urbanus виділився за показниками якості зерна (вміст білка 15,9 %, сирої клейковини 30,8 %), а Соборна/Mescal – за комплексною стійкістю до листових хвороб (ураження септоріозом та борошнистою росою по 10 %).

9. На основі аналізу результатів гібридизації, прояву гетерозису, а також оцінки ЗКЗ, СКЗ встановлено, що найвищу селекційну цінність серед материнських компонентів проявили зразки Зореслава, Тайра та Метелиця Харківська, які поєднують оптимальні морфо-біологічні параметри з високим рівнем комбінаційної здатності. Серед чоловічих форм найбільш перспективними визначено Mescal, Urbanus та Ювілейну Патона, які входили до складу більшості високопродуктивних гібридних комбінацій.

10. Розроблено моделі материнських та чоловічих форм пшениці м'якої озимої для гетерозисної селекції в умовах Правобережного Лісостепу України. Моделі враховують ключові морфо-біологічні та фенологічні критерії: висоту рослин, тривалість періоду до колосіння та інтенсивність екструзії пиляків. Запропоновані моделі забезпечують ефективну синхронізацію цвітіння батьківських компонентів та максимальну реалізацію генетичного потенціалу гібридів F<sub>1</sub>.

## РЕКОМЕНДАЦІІ СЕЛЕКЦІЙНІЙ ПРАКТИЦІ

1. Для створення гетерозисних гібридів пшениці м'якої озимої в умовах Правобережного Лісостепу України рекомендовано:

- як материнські компоненти при створенні високопродуктивних гібридів використовувати сорти Зореслава та Метелиця Харківська (ефекти ЗКЗ за врожайністю +0,91 та +1,11 відповідно), а для створення гібридів із підвищеними показниками якості зерна – сорт Altigo (ефекти ЗКЗ за вмістом білка +1,29 та сирої клейковини +1,09);
- як батьківські компоненти для формування високоврожайних гібридів доцільно залучати сорти Mescal (ефект ЗКЗ за врожайністю +1,47), Urbanus (поєднання врожайності та показників якості зерна) і Ювілейна Патона (джерело ознак продуктивності колоса).

2. Для подальшого дослідження та залучення до програм створення гібридів на стерильній основі рекомендовано високопродуктивні гібридні комбінації: Зореслава/Mescal, Метелиця Харківська/Mescal, Тайра/Mescal, Зореслава/Urbanus, Тайра/Urbanus, Зореслава/Ювілейна Патона з високим рівнем урожайності (10,4–12,3 т/га) та значним проявом конкурсного гетерозису (+9,4–28,4%).

3. Для оптимізації селекційного процесу при формування батьківських пулів для створення гетерозисних гібридів пшениці м'якої озимої рекомендовано застосовувати розроблені моделі добору материнських та батьківських компонентів, які забезпечують ефективне перехресне запилення та підвищення рівня реалізації гетерозису.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

Adugna, A., Singh K, Nanda, G. S., & Bains, N. S. (2004). A comparison of cytoplasmic and chemically-induced male sterility systems for hybrid seed production in wheat (*Triticum aestivum*). *Euphytica*, 135, cc. 297-304.

Ahokas, H. (July 2018 p.). Barley CMS detected in Finland in 1976 enabled growing of productive winter-barley F1 hybrids in the European winter-barley zone since 2002. *Suomen Maataloustieteellisen Seuran Tiedote*, 35. doi:10.33354/smst.73048

Aimin, Z., Xiuling, N., & Dongchen, L. (2001). Advances of hybrid wheat breeding in China. *Cereal Res Commun*, 9, cc. 343-350.

Akel, W., Thorwarth, P., Mirdita, V., Weissman, E. A., Liu, G., Würschum, T., & Longin, C. F. (2018). Can spelt wheat be used as heterotic group for hybrid wheat breeding? *Theor Appl Genet*, 131(4), 973-984.

Allen, E., Hwang S, Gilbertson, L. A., Houmerd, N. M., Ivashuta, S. I., & Robert, J. K. (2007). *MO (US) Patent No. WO/2007/047016*.

Baenziger, P. S., Rose, D., Santra, D., & Xu, L. (2017). Improving small grains varieties for Nebraska. *State breeding and quality evaluation report to the Nebraska Wheat Development. Utilization and Marketing Board, Nebraska, USA*.

Basnet, R. B., Dreisigacker, S., Arun, K. J., Mottaleb, K. A., Vishwakarma, M. K., Bhati, P., . . . Rosyara, U. (2022). Status and Prospects of Hybrid Wheat: A Brief Update. y R. B. Basnet, S. Dreisigacker, K. J. Arun, K. A. Mottaleb, M. K. Vishwakarma, P. Bhati, . . . U. Rosyara, *New Horizons in Wheat and Barley Research* (cc. 637–679). Singapore: Springer. doi:10.1007/978-981-16-4449-8\_24

Bertin, P., Gregoire, D., Massart, S., & Froidmont, D. (2001). Genetic diversity among European cultivated spelt revealed by microsatellites. *Theor Appl Genet*, 102, 148-156.

Bertin, P., Gregoire, D., Massart, S., & Froidmont, D. (2004). High level of genetic diversity among spelt germplasm revealed by microsatellite markers. *Genome*, 129, 1043-1052.

Betul, S., Amir, I. M., Nithya, S., Rudd, J. C., & Liu, S. (February 2022 p.). Assessment of floral characteristics for hybrid wheat (*Triticum aestivum* L.) production in Texas. *Agrosystems, Geosciences & Environment*, 5(1). doi:10.1002/agg2.20228

Bian, X. Y., Friedrich, A., Bai, J. R., Baumann, U., Hayman, D. L., Barker, S. J., & Langridge, P. (2004). High-resolution mapping of the S and Z loci of *Phalaris coerulescens*. *Genome*, 47, 918–930.

Biancardi, E. J., McGrath, M., Panella, L. W., Lewellen, R. T., & Piergiorgio, S. (2010). Sugar Beet. y J. E. Bradshaw (Ред.), *In book: Root and Tuber Crops*. doi:10.1007/978-0-387-92765-7\_6

Birchler, J. A., Yao, H., & Chudalayandi, S. (2006). Unraveling the genetic basis of hybrid vigor. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)*, 103(35), 12957–12958. doi:https://doi.org/10.1073/pnas.0605627103

Boeven, P. G., Longin, C. H., Leiser, W. L., Kollers, S., Ebmeyer, E., & Würschum, T. (2016). Genetic Architecture of Male Floral Traits Required for Hybrid Wheat Breeding. *Theor. Appl. Genet*, 2343–2357, 2343–2357.

Cao, L., & Zhan, X. (2014). *Chinese experiences in breeding three-line, two-line and super hybrid rice*. (W. Yan, & J. Bao, Ред.) InTech. doi:10.5772/56821

Carena, M. J. (2009). Cereals. y J. Prohens, F. Nuez, & M. J. Carena, *Handbook of plant breeding* (c. 425). Springer Science.

Castillo, A., Atienza, S. G., & Martin, A. C. (2014). Fertility of CMS wheat is restored by two Rf loci located on a recombined acrocentric chromosome. *J Exp Bot*, 65, 6667-6677.

Changping, Z. (2013). Research and application of hybrid wheat in China. *Eng Sci*, 11, 19-21.

Chen, L., & Liu, Y.-G. (December 2016 p.). Discovery, utilization and molecular mechanisms of CMS-WA in rice. *Chinese Science Bulletin*, 61(35), cc. 3804-3812. doi:10.1360/N972016-01044

Draycott, P. A. (2006). *Sugar Beet*. Oxford: Blackwell Publishing Ltd.

Elfadl, E., Kling, C., & Melchinger, A. (2006). Evaluation of heterosis in durum wheat. Property and poverty in a Globalized World. *Challenges for Agricultural Research*, 27-34.

Fernández-Calleja, M., Boutin, C., Dyrszka, E., Manes, Y., C. Reif, J., Zhao, Y., . . . Igartua, E. (November 2022 p.). Identification of adapted breeding lines to improve barley hybrids for Spain. *Crop Science*, 63(1). doi:10.1002/csc2.20858

Fischer, S., Mohring, J., Schön, C. C., Piepho, H. P., Klein, D., Schipprack, W., . . . Reif, J. C. (2008). Trends in genetic variance components during 30 years of hybrid maize breeding at the University of Hohenheim. *Plant Breed*, 127, 446-451.

Franklin-Tong, V. E. (2008). *Self-incompatibility in flowering plants – evolution, diversity, and mechanisms*. Berlin, Heidelberg: Springer.

Garst, N., Belamkar, V., Easterly, A., Guttieri, M. J., Stoll, H., Ibrahim, A. M., & Baenziger, S. P. (March 2023 p.). Evaluation of pollination traits important for hybrid wheat development in Great Plains germplasm. *Crop Science*, 63(3), 1169–1182. doi:10.1002/csc2.20926

Geiger, H. H., & Miedaner, T. (1997). Hybrid Rye and Heterosis. *The genetics and exploitation of heterosis in crops* (cc. 280-281). Mexico: CIMMYT.

Geyer, M., Albrecht, T., Hartl, L., & Mohlar, V. (2018). Exploring the genetics of fertility restoration controlled by Rf1 in common wheat (*Triticum aestivum* L.) using high-density linkage maps. *Mol Genet Genom*, 293, 451–462.

Geyer, M., Bund, A., Albrecht, T., Hartl, L., & Mohler, V. (2016). Distribution of the fertility-restoring gene Rf3 in common and spelt wheat determined by an informative SNP marker. *Mol Breed*, 167.

Gowda, M., Kling, C., Wurschum, T., & Reif, J. C. (2010). Hybrid breeding in durum wheat: heterosis and combining ability. *Crop Sci*, 50, 2224-2230.

Gupta, P., Balyan, H., Gahlaut, V., Gautam, S., Pal, B., Basnet, B., & Joshi, A. (2019, October 17). Hybrid wheat: past, present and future. *Theoretical and Applied Genetics*, 132. doi:10.1007/s00122-019-03397-y

Hackauf, B., & Wehling, P. (2005). Approaching the self-incompatibility locus Z in rye (*Secale cereale* L.) via comparative genetics. *Theoretical and Applied Genetics*, *110*, 832–845.

Haiya, C., Yuxia, L., & Gang, L. (December 2024 p.). Genetic Diversity Analysis of Hybrid Rice Parental Lines and Genetic Purity Assessment of Hybrid Seeds of China. *Journal of Agricultural Science*, cc. 37-37. doi:10.5539/jas.v12n5p37

Hanafi, S. E., Cherkaoui, S., Kehel, Z., Sanchez-Garcia, M., Sarazin, J.-B., Baenziger, S., & Tadesse, W. (2022). Hybrid Seed Set in Relation with Male Floral Traits, Estimation of Heterosis and Combining Abilities for Yield and Its Components in Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plants*, *11*(4), 508. doi: <https://doi.org/10.3390/plants11040508>

Hawkes, T., Pline-Smic, W., Dale, R., Friend, E., Hollinshead, T., Howe, P., . . . Greenland, A. (2011). D-glufosinate as a male sterility agent for hybrid seed production. *Plant Biotech J*, *9*, 301-314.

Hjerdin-Panagopoulos, A., Kraft, T., & Rading, I. M. (2002). Three QTL regions for restoration of Owen CMS in sugar beet. *Crop Science*, *42*, cc. 540–544.

Hoecker, N., Keller, B., & Muthreich, N. (18 June 2008 p.). Comparison of maize (*Zea mays* L.) F1-hybrid and parental inbred line primary root transcriptomes suggests organ-specific patterns of nonadditive gene expression and conserved expression trends. *National library of medicine*, cc. 1275–1283. doi:10.1534/genetics.108.088278

Jan, C. C., Qualset, S. O., & Voght, E. (1976). Chemically induced sterility in wheat for hybrid seed production. *Euphytica*, *25*, 375–386.

Kempe, K., Rubtsova, M., & Gils, M. (2014). Split-gene system for hybrid wheat seed production. *Proc Natl Acad Sci*, *111*, 9097-9102.

Koekemoer, F. P., Van Eeden, E., & Bonjean, A. P. (2011). An overview of hybrid wheat production in South Africa and review of current worldwide wheat hybrid developments. y A. P. Bonjean, W. J. Angus, & M. Van Ginkel, *The world wheat book: a history of plant breeding* (cc. 907–950). Paris: Lavoisier.

Koemel, J. E., Guenzi, A. C., & Carver, B. F. (2004). Hybrid and pureline hard winter wheat yield and stability. *Crop Science Society of America*, *44*, 107-113.

Kyrylenko, V. V., Dubovyk, N. S., Humeniuk, O. V., Volohdina, H. B., Los, R. M., & Dubovyk, D. Y. (2021). *Winter bread wheat breeding by using wheat-rye translocations under environments of the Central Forest-Steppe: monograph*. Kyiv: Comprint.

Langer, S. M., Longin, C. H., & Würschum, T. (2014). Flowering time control in European winter wheat. *Front. Plant Sci.*, 5:537. doi:10.3389/fpls.2014.00537

Langer, S. M., Longin, C. H., & Würschum, T. (2014). Phenotypic evaluation of floral and flowering traits with relevance for hybrid breeding in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plant Breeding*, 133(4), 433–441. doi: <https://doi.org/10.1111/pbr.12192>

Langridge, P., & Baumann, U. (2008). Self-incompatibility in the grasses. y V. E. Franklin-Tong, *Self-incompatibility in flowering plants—evolution, diversity, and mechanisms* (cc. 275-287). Berlin, Heidelberg: Springer.

Li, R., Zhang, D., & Pan, Y. (December 2024 p.). Effects of Salt Stress During the Growth Period on the Yield and Grain Quality of Hybrid Rice. *Agronomy*, 15(1), cc. 113-128. doi:10.3390/agronomy15010021

Li, X. L., Liu, L. K., Hou, N., Liu, G. Q., & Liu, C. G. (2005). SSR and SCAR markers linked to the fertility-restoring gene for a D2 -type cytoplasmic male-sterile line in wheat. *Plant Breed*, 124, 413–415.

Liberatore, K., Liberatore, L., Jiang, K., Zamir, D., & Zachary. (2013). Heterosis: The Case for Single-Gene Overdominance. y K. Liberatore, L. Liberatore, K. Jiang, D. Zamir, Zachary, Z. Jeffrey Chen, & J. A. Birchler (ed), *Polyploid and Hybrid Genomics* (T. 8). Katie L. Liberatore, Ke Jiang, Dani Zamir, Zachary B. Lippman. doi:10.1002/9781118552872.ch8

Liu, C. G., Hou, N., Liu, L. K., Liu, J. C., Kang, X. S., & Zhang, A. M. (2006). A YA-type cytoplasmic male sterile source in common wheat. *Plant Breed*, 125, 437-440.

Liu, G., Zhao, Y., Gowda, M., Longin, C., Reif, J. C., & Mette, M. F. (2016). Predicting hybrid performance for quality traits through genomic-assisted approaches in Central European wheat. *PLoS ONE*.

Longin, C., & Zhang, D. (2016). Future of wheat breeding is driven by hybrid wheat and efficient strategies for pre-breeding on quantitative traits. *Plant biotechnology and its applications*, cc. 2347-2380.

Longin, C., Muhleisen, J., Maurer, H. P., Zhang, H., Gowda, M., & Reif, J. C. (October 2012 p.). Hybrid breeding in autogamous cereals. *Theoretical and Applied Genetics*, 125, 1087–1096. doi: 10.1007/s00122-012-1967-7

Longin, F. H., Mi, X., Melchinger, A. E., Reif, J. C., & Würschum, T. (August 2014 p.). Optimum allocation of test resources and comparison of breeding strategies for hybrid wheat. *Theoretical and Applied Genetics*, 127(10), 2117–2126. doi:10.1007/s00122-014-2365-0

Lucken, K. A. (1987). Wheat and wheat improvement. y E. G. Heyne, *Hybrid wheat* (cc. 444-452). Madison: American Society of Agronomy.

Lukaszewski, A. J. (2017). Chromosomes 1BS and 1RS for control of male fertility in wheats and triticales with cytoplasm of *Aegilops kotschyi*, *Ae. mutica* and *Ae. uniaristata*. *Theor Appl Genet*, 130, cc. 2521-2526.

Ma, Z. Q., & Sorrells, M. E. (1995). Genetic analysis of fertility restoration in wheat using restriction fragment length polymorphisms. *CropSci*, 35, 1137–1143.

Martin, A. C., Atienza, S. G., Ramirez, M. C., Barro, F., & Martín, A. (2008). Male fertility restoration of wheat in *Hordeum chilense* cytoplasm is associated with 6HchS chromosome addition. *Aust J Agri Res*, 59, 206-213.

Melchinger, A. E., & Gumber, R. K. (1998). Overview of heterosis and heterotic groups in agronomic crops. *CSSA special publication: concepts and breeding of heterosis in crop plants*, (cc. 29-44).

Menon, M. (2011). *Organic Cotton: Re-inventing the Wheel*. Hyderabad: Bookslane.

Miedaner, T., Korzun, V., & Wilde, P. (1 April 2022 p.). Effective Pollen-Fertility Restoration Is the Basis of Hybrid Rye Production and Ergot Mitigation. *Plants*, 11(9), c. 1115. doi:10.3390/plants11091115

Mizelle, M. B., Sethi, R., Ashton, M. E., & Jensen, W. A. (1989). Development of the pollen grain and tapetum of wheat (*Triticum aestivum*) in untreated plants and plants

treated with chemical hybridizing agent RH 0007. *Sexual Plant Reproduction*, 2, 231–252.

Moll, R. H., Lindsey, M. F., & Robinson, H. F. (1964). Estimates of genetic variances and level of dominance in maize. *Genetics*, 49(3), 411–423.

Muhleisen, J., Piepho, H. P., Maurer, H. P., Longin, C., & Reif, J. (2014). Yield stability of hybrids versus lines in wheat, barley, and triticale. *Theor Appl Genet*, 127, cc. 309-316.

Mukai, Y., & Tsunewaki, K. (1979). Basic studies on hybrid wheat breeding. VIII. A new male sterility-fertility restoration system in common wheat utilizing the cytoplasm of *Aegilops kotschyi* and *Ae. variabilis*. *Theor Appl Genet*, 54, 153-160.

Müller, T., Schierscher-Viret, B., Fossati, D., Branant, C., Schori, A., & Keller, B. (2018). Unlocking the diversity of gene banks: whole genome marker analysis of Swiss bread wheat and spelt. *Theor Appl Genet*, 131, 407-416.

Murai, K. (2002). Comparison of two fertility restoration systems against photoperiod-sensitive cytoplasmic male sterility in wheat. *Plant Breed*, 121, 363-365.

Murai, K., Ohta, H., Kurushima, M., & Ishikawa, N. (2016). Photoperiodsensitive cytoplasmic male sterile elite lines for hybrid wheat breeding, showing high cross-pollination fertility under long-day conditions. *Euphytica*, 212, 313-322.

Murai, K., Takumi S, S., Koga, H., & Ogihara, Y. (2002). Pistillody, homeotic transformation of stamens into pistil-like structures, caused by nuclear-cytoplasm interaction in wheat. *Plant J*, 29, 169-181.

Ni, F., Qi, J., & Hao, Q. (2017). Ni F, Qi J, Hao Q Wheat Ms2 encodes for an orphan protein that confers male sterility in grass species. *Nat Commun*. doi: 8:15121

Nielsen, N. H., Backes, G., Stougaard, J., Andersen, S. U., & Jahoor, A. (2014). Genetic diversity and population structure analysis of European hexaploid bread wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties. *PLoS ONE*, 9. doi: e94000

Niu, N., Gang, G. S., Liu, H. W., Wang, J. W., & Li, H. X. (2003). Inheritance on restoration performance of non-1BL/1RS male sterile line of Nian type in wheat. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 23, 608-614.

Parodi, P. C., & Gaju, M. (2009). Male sterility induced by the chemical hybridizing agent clofencet on wheat, *Triticum aestivum* and *T. turgidum* var. durum. *Cien Inv Agr*, *36*, 267-276.

Porter, K. B., & Wiese, A. F. (1961). Evaluation of certain chemicals on selective gametocides for wheat. *Crop Science*, *1*, 381-382.

Pourkheirandish, M., Hensel, G., Kilian, B., Senthil, N., Chen, G., Sameri, M., . . . Komatsuda, T. (2015). Evolution of the grain dispersal system in barley. *Cell*, *162*(3), 527–539. doi: 10.1016/j.cell.2015.07.002

Preiti, G., Calvi, A., Romeo, M., Badagliacca, G., & Bacchi, M. (2021). Seeding density and nitrogen fertilization effects on agronomic responses of some hybrid barley lines in a Mediterranean environment. *Agronomy*, *11*, 1942. doi: <https://doi.org/10.3390/agronomy11101942>

Rakov, A., Dmytrenko, Y., Spriazhka, R., & Zaika, Y. (2025). The starting material is the basis of heterotic wheat breeding. *Agronomy Research*, *23*(3), Q3, 1657–1671. doi: <https://doi.org/10.15159/AR.25.091>

Reddemann, A., & Horn, R. (11 March 2018 p.). Recombination Events Involving the *atp9* Gene Are Associated with Male Sterility of CMS PET2 in Sunflower. *International Journal of Molecular Sciences*, c. 806.

Reif, J. C., Gumpert, F., Fischer, S., & Melchinger, A. E. (2007). Impact of genetic divergence on additive and dominance variance in hybrid populations. *Genetics*, *176*, 1931-1934.

Reif, J. C., Hallauer, A. R., & Melchinger, A. E. (2005). Heterosis and heterotic patterns in maize. *Maydica*, *50*, 215-223.

Rowell, P. L., & Miller, D. G. (1971). Induction of male sterility in wheat with z-chloro- ethylphosphonic acid (Ethrel). *Crop Science*, *11*, 629-631.

Sade, B., Ibrahim, A. H., Subramanian, N., Rudd, J., Liu, S., Opena, G., & Baenziger, S. (2022). Assessment of floral characteristics for hybrid wheat (*Triticum aestivum* L.) production in Texas. *Agrosys-tems, Geosciences & Environment*, *5*, e20228. doi: <https://doi.org/10.1002/agg2.20228>

Sadras, V. O., & Slafer, G. A. (2012). Environmental modulation of yield components in cereals: Heritabilities reveal a hierarchy of phenotypic plasticities. *Field Crops Res*, *127*, 215–224. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2011.11.014>.

Samoilyk, M., Lozinskyi, M., Yurchenko, A., & Ustinova, H. (2024). Variation of winter wheat plant height depending on ecotype and meteorological conditions. *Agrobiologia*, *1*, 213-221.

Scapino, M., & Blandino, M. (2025). Field programs for the cultivation of barley and wheat hybrids. *Italian Journal of Agronomy*, *20*, 100046. doi: [doi:10.1016/j.ijagro.2025.100046](https://doi.org/10.1016/j.ijagro.2025.100046).

Schmidt, C., Hinterberger, V., Philipp, N., Reif, J. C., & Schnurbusch, T. (October 2024 p.). Hybrid grain production in wheat benefits from synchronized flowering and high female flower receptivity. *Journal of Experimental Botany*, *76*(2). doi: [10.1093/jxb/erae430](https://doi.org/10.1093/jxb/erae430)

Sernyk, J. L., & Stefanson, B. R. (1983). Heterosis in summer rape (*Brassica napus* L.). *Plant Science*, *63*, 407-413.

Shinozuka, H., Cogan, N. O., Smith, K. F., Spangenberg, G., & Forster, J. W. (2010). Fine-scale comparative genetic and physical mapping supports map-based cloning strategies for the self-incompatibility loci of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). *Plant Molecular Biology*, *72*, 343–355.

Singh, S. K., Chatrath, B., & Misra, B. (2010). Perspective of hybrid wheat research: a review. *Indian J Agric Sci*, *80*, 1013-1027.

Singh, S. P., Srivastava, R., & Kumar, J. (2015). Male sterility systems in wheat and opportunities for hybrid wheat development. *Acta Physiol Plant*, *37*, 1713.

Sinha, P., Tomar, S. M., Vinod Singh, V. K., & Balyan, H. S. (2013). Genetic analysis and molecular mapping of a new fertility restorer gene Rf8 for *Triticum timopheevi* cytoplasm in wheat (*Triticum aestivum* L.) using SSR markers. *Genetica*, *141*, 431-441.

Slafer, G. A., Savin, R., & Sadras, V. O. (2014). Coarse and fine regulation of wheat yield components in response to genotype and environment. *Field Crops Res*, *157*, 71-83. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2013.12.004>.

Sun, B., Zhang, A., & Bonjean, A. P. (2001). Chinese wheat pool (in) the world wheat book. y B. Sun, A. Zhang, A. P. Bonjean, A. P. Bonjen, & W. J. Angus (ed.), *A history of wheat breeding* (cc. 667-701). Paris: Lavoisier.

Tsunewaki, K. (2015). Fine mapping of the first multi-fertility-restoring gene, Rfmulti, of wheat for three Aegilops plasmons, using 1BS-1RS recombinant lines. *Theor Appl Genet*, *128*, 723–732.

Waines, J. G., & Hegde, S. G. (2003). Intraspecific gene flow in bread wheat as affected by reproductive biology and pollination ecology of wheat flowers. *Crop Sci* (43), 451–463.

Wang, L., Ashley-Koch, A., Steffens, D. C., & Krish, K. R. (28 January 2012 p.). Impact of BDNF Val66Met and 5-HTTLPR polymorphism variants on neural substrates related to sadness and executive function. *National library of medycine*, c. 352. doi:10.1111/j.1601-183X.2012.00764.x

Whitford, R., Fleury, D., Reif, J., & Garcia, M. (2013). Hybrid breeding in wheat: Technologies to improve hybrid wheat seed production. *Journal of Experimental Botany*, *64*(18). doi:10.1093/jxb/ert333

Wilson, J. A., & Ross, W. M. (1962). Male sterility interaction of the Triticum aestivum nucleus and Triticum timopheevi cytoplasm. *Wheat Inf Serv*, *14*, 29-30.

Wilson, P. (1997). Hybrid wheat development in Australia and a proposal for hybrid wheat blends for developing countries. *Book of abstracts. The genetics and exploitation of heterosis in crops. An international symposium* (cc. 216–217). Mexico City: CIMMYT. 17-22 Aug 1997

Wong, M., Blouet, A., & Guckert, A. (1995). Effectiveness of SC2053 as a chemical hybridizing agent for winter wheat: importance of developmental stages and doses of application. *Plant Growth Regulation*, *16*, 243–248.

Würschum, T., Boeven, P. H., Langer, S. M., Longin, C. F., & Leiser, W. L. (2015). Multiply to conquer: copy number variations at Ppd-B1 and Vrn-A1 facilitate global adaptation in wheat. *BMC Genet*, *16*, 96.

Würschum, T., Leiser, W. L., Weissmann, S., & Maurer, H. P. (2017). Genetic architecture of male fertility restoration of Triticum timopheevii cytoplasm and fne-

mapping of the major restorer locus Rf3 on chromosome 1B. *Theor Appl Genet*, 130, 1253–1266.

Xia, X. C., Reif, J. C., Hoisington, D., Melchinger, A. E., Frisch, M., & Warburton, M. L. (2004). Genetic diversity among CIMMYT maize inbred lines investigated with SSR markers: I. Lowland tropical maize. *Crop Sci*, 44, 2230-2237.

Xiao, S., Xing, J., Tiange, N., Su, A., Zhang, R., Zhao, Y., . . . Zhao, J. (1 October 2022 p.). Comparative analysis of mitochondrial genomes of maize CMS-S subtypes provides new insights into male sterility stability. *BMC Plant Biology*, c. 22:469.

Xie, F. H., Esguerra, M. Q., Qiu, F., & Ramanathan, V. (2014). Determination of heterotic groups for tropical Indica hybrid rice germplasm. *Theor Appl Genet*, 127, 407-417.

Zhao, Y., Liu, G., & Maurer, H. P. (2015). Genome-based establishment of a high-yielding heterotic pattern for hybrid wheat breeding. *Proc Natl Acad Sci*, 112, 15624-15629.

Zhao, Y., Zeng, J., Fernando, R., & Reif, J. C. (2013). Genomic prediction of hybrid wheat performance. *Crop Sci*, 53, 802-810.

Zhou, K. J., Wang, S. H., Feng, Y. Q., Liu, Z. X., & Wang, G. X. (2006). The 4E-ms system of producing hybrid wheat. *Crop Sci*, 46, 250-255.

Zhou, W., Frederic, L. K., Leslie, L. D., & Wang, S. (2005). SSR markers associated with fertility restoration genes against *Triticum timopheevii* cytoplasm in *Triticum aestivum*. *Euphytica*, 141, 33-40.

Zhuo-Kun, L., Kuan-Gang, X., Zhan-Ling, Z., Jin-Liang, L., Shu-Xiao, H., Bin, T., . . . Ji-Chun, T. (2010). Analysis of plant height heterosis based on QTL mapping in wheat. *Acta Agron Sin*, 36, 771-778.

Бакуменко, О. М., Осьмачко, О. М., & Власенко, В. А. (2019). *Комбінаційна здатність сортів пшениці озимої Крижунка та Смуглянка*. (О. М. Бакуменко, О. М. Осьмачко, & В. А. Власенко, Ред.) Суми: «Мрія».

Білинська, О. В., Лютенко, В. С., Дульнєв, П. Г., & Безпарточна, В. П. (2019). Чоловіча стерильність соняшника (*helianthus annuus* l.), індукована новими

гаметоцидними препаратами. *Фактори експериментальної еволюції організмів*, 24, 26-32. doi:<https://doi.org/10.7124/FEEO.v24.1073>

Вільчинська, Л. А., Городинська, О. П., Диянчук, М. В., & Камінна, О. О. (2017). Кластерний аналіз в селекції гречки. *Вісник Українського товариства генетиків і селекціонерів*, 15(2), 145–149.

Гончаров, С. В., & Костов, К. В. (2017). Селекція аутогамних видів зернових культур. *Реалізація потенціалу сортів зернових культур – шлях вирішення продовольчої безпеки*, (сс. 21-23). Центральне. Отримано 20 Жовт 2017 р.

Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2025 рік. URL: <https://minagro.gov.ua/file-storage/reyestr-sortiv-roslin>. (28 січня 2025 р.).

Дзюбецький, Б. В., Черчель, В. Ю., & Антонюк, С. П. (2001). Селекція кукурудзи С. 571-589. *Генетика і селекція в Україні на межі тисячоліть*, 4, сс. 571-589.

Дмитренко, Ю. М., Жемойда, В. Л., Башкірова, Н. В., Заїка, Є. В., & Раков, А. Ю. (2025). Стан та перспективи розвитку гетерозисної селекції пшениці м'якої озимої. *Аграрні інновації*, 31, 172–179. doi:<https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.31.27>

Дідора, В. Г., Смаглій, О. Ф., & Ермантраут, Е. Р. (2013). *Методика наукових досліджень в агрономії*. Київ: Центр учбової літератури.

ДП «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, с. т. (2019). ДСТУ ISO 3093. *Пшениця, жито та борошно з них, пшениця тверда й манні крупи з твердої пшениці. Визначення числа падіння методом Хагберга-Пертена (Hagberg-Perten) (ISO 3093:2009, IDT)*.

ДП «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, с. т. (2022). ДСТУ EN ISO 12099:2022. *Корми для тварин, зернові та подрібнені зернові продукти. Настанови щодо застосування ближньої інфрачервоної спектрометрії*.

Єгоров, Д. К., Гухова, П. А., Циганко, В. А., & Єгорова, П. (2024). Селекція та насінництво високогетерозисних гібридів жита озимого в Україні. *Актуальні*

*напрями та проблематика у технологіях вирощування продукції рослинництва* (сс. 13-16). Полтава: Полтавський державний аграрний університет.

Капустян, М. В. (2021). *Селекційна цінність інбредних ліній кукурудзи, створених на основі різноманітного вихідного матеріалу*. Харків: Інститут рослинництва імені в. Я. Юр'єва.

Козуб, Н. О., Созінов, І. О., Бідник, Г. Я., Дем'янова, Н. О., Блюм, Я. Б., & Созінов, О. О. (2017). Перехресне запилення у пшениці *Triticum aestivum* L. та її дикого родича *Aegilops biuncialis* Vis. *Фактори експериментальної еволюції організмів*, 21, 143–147.

Корзун, Д. Ю. (2016). *Методика проведення експертизи сортів рослин групи зернових, круп'яних та зернобобових на придатність до поширення в Україні*. (С. О. Ткачик, Ред.) Вінниця: Український інститут експертизи сортів рослин.

Коханюк, Н. В., Темченко, І. В., Штуць, Т. М., Лехман, А. А., & Барвінченко, С. В. (2019). Кластерний аналіз у селекції зернобобових культур. *Корми і кормовиробництво*(87), 9-19. doi:<https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo201987-0>

Криворучко, Л. М., & Тищенко, В. М. (2022). Ідентифікація сортів та селекційних ліній пшениці озимої, адаптованих до стресових умов середовища з використанням кластерного аналізу. *Таврійський науковий вісник*, 125, 56-63. doi: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.125.8>

Лебеденко, Є. О. (2020). *Селекція вихідного матеріалу для створення гібридів соняшнику, стійких до гербіцидів групи сульфонілсечовин*. Харків: Інститут рослинництва імені В. Я. Юр'єва.

Мазур О. В., М. О. (2023). *Селекція та насінництво польових культур : навчальний посібник*. Вінниця: ТВОРИ.

Мельник, В. С., & Рябчун, В. К. (2012). Вплив гаметоцидів на формування чоловічої стерильності та розвиток рослин тритикале ярого. *Селекція і насінництво*(101), 90-101.

Мищенко, С. В. (2020). *Теоретичні і практичні основи використання інбридингу та гібридизації в селекції конопель*. Харків: Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва.

Мищенко, С. В., & Лайко, І. М. (2017). Вплив гаметоцидів на формування чоловічої стерильності та селекційних ознак однодомних конопель. *Селекція і насінництво*(111), 88-97.

Молоцький, М. Я., Васильківський, С. П., & Князюк, В. І. (2006). *Селекція і насінництво сільськогосподарських рослин*. Київ: Вища освіта.

Петренкова, В. П., Боровська, І. Ю., & Лучна, І. С. (2018). *Методологія визначення стійкості польових культур до біо- та абіотичних чинників*. Харків: ФОП Бровін О. В.

Раков, А. Ю., & Дмитренко, Ю. М. (2023). Оцінка зимостійкості батьківських компонентів гібридів пшениці м'якої озимої. *Продовольча та екологічна безпека в умовах війни та повоєнної відбудови: виклики для України та світу*, (с. 628). Київ.

Раков, А. Ю., & Дмитренко, Ю. М. (2024). Підбір колекційних зразків для створення батьківських компонентів гібридів пшениці озимої. . *Міжнародна науково-практична конференція «післявоєнне відновлення ґрунтових і рослинних ресурсів та продовольча безпека країни*, (с. 176). Київ.

Раков, А. Ю., & Дмитренко, Ю. М. (2024). Характеристика батьківських компонентів і гібридів пшениці м'якої озимої за стійкістю проти листових хвороб. . *Освіта і наука в умовах викликів і загроз. Внесок молодих вчених в сталий розвиток: збірник матеріалів міжнародної наукової конференції* (с. 215). Київ: НУБіП України.

Раков, А. Ю., & Дмитренко, Ю. М. (2025). Застосування кластерного аналізу для ідентифікації гетерогенних груп пшениці з метою гетерозисної селекції. *Міжнародна науково-практична конференція «Продовольча безпека України. Збереження та відновлення ґрунтових і рослинних ресурсів»* (сс. 204-207). Київ: Національний університет біоресурсів і природокористування України.

Раков, А. Ю., & Дмитренко, Ю. М. (2025). Комбінаційна здатність батьківських компонентів гібридів пшениці озимої за господарсько-цінними

ознаками. *Сільське господарство та рослинництво: теорія і практика*, 3, 108–117.  
doi:<https://doi.org/10.54651/agri.2025.03>

Раков, А. Ю., & Дмитренко, Ю. М. (2025). Оцінка прояву гетерозису у гібридів пшениці м'якої озимої. *Міжнародна науково-практична інтернет конференція молодих учених та спеціалістів «Теоретичні засади інноваційного розвитку рослинництва»* (сс. 86-89). Харків: Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва.

Ракул, І. О. (2018). *Створення та оцінка вихідних матеріалів для селекції гібридів соняшнику кондитерського напрямку використання*. Умань: Уманський національний університет садівництва.

Рябовол, Я. С., Парій, Ф. М., Рябовол, Л. О., Заболотна, І. Р., & Діордієва, І. П. (2014). Гібридна пшениця: проблеми, можливості, переваги, перспективи. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*, 86 (1), 210-214.

Сич, З. Д., Жемойда, В. Л., & Сидорка, І. В. (2004). *Вивчення комбінаційної здатності у селекції гетерозисних гібридів методом неповних топкросів*. (О. М. Кирик, Ред.) Київ: Видавничий центр НАУ.

Трибель, С. О., Гетьман, М. В., & Стригун, О. О. (2010). *Методологія оцінювання стійкості сортів пшениці проти шкідників і збудників хвороб*. (С. О. Трибель, Ред.) Київ: Колообіг.

ДСТУ ISO 5529. *Пшениця. Визначання індексу седиментації методом Зелені (ISO 5529:2007, IDT)*.

Шелепов, В. В., Гаврилюк, М. М., & Чебаков, М. П. (2007). *Селекція, насінництво та сортознавство пшениці*. Миронівка.

## **ДОДАТКИ**

## Додаток А

Оцінка екструзії пиляків колекційних зразків ВП НУБіП України  
“Агрономічна дослідна станція”, 2023 р.

№	Зразок	Бал викидання пиляків	Найменування власника сорту	Країна походження	Рік державної реєстрації
1	Altigo	8	LG Seeds	FR	2016
2	Mescal	5		FR	2016
3	Urbanus	7	SAATBAU	AT	2018
4	Achim	6	SAATEN-UNION	DE	2018
5	Hyacinth	8		FR	2022
6	Відрада	5	Білоцерківська дослідно-селекційна станція Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН	UA	2010
7	Водограй Білоцерківський	4		UA	2014
8	Гадзинка	7		UA	2020
9	Грація білоцерківська	4		UA	2017
10	Зорепад білоцерківська	6		UA	2017
11	Зоря ланів	6		UA	2020
12	Квітка полів	6		UA	2018
13	Легенда Білоцерківська	8		UA	2017
14	Либідь	7		UA	2006
15	Лірика білоцерківська	6		UA	2020
16	Лісова пісня	6		UA	2008
17	Перлина лісостепу	3		UA	2001
18	Розумниця	4		UA	2019
19	Романтика	4		UA	2009
20	Рось	7		UA	2019
21	Царівна	4	UA	2008	
22	Чародійка Білоцерківська	5	UA	2011	
23	Щедра нива	6	UA	2011	
24	Соборна	8	Інститут зрошувального землеробства Національної академії аграрних наук України	UA	2019
25	Метелиця Харківська	6	Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва Національної академії аграрних наук України	UA	2020

## Продовження Додатку А

26	Зореслава	6	Інститут фізіології рослин і генетики Національної академії наук України	UA	2017
27	Київська 17	8		UA	2020
28	Подоланка	7		UA	2003
29	Смуглянка	7		UA	2004
30	Ювілейна Патона	6		UA	2020
31	Плеяда	8		UA	2020
32	МПП Ассоль	8	Миронівський інститут пшениці ім. В.М. Ремесла НААН	UA	2018
33	Балада Миронівська	8		UA	2018
34	Берегиня Миронівська	7		UA	2016
35	Господиня Миронівська	8		UA	2017
36	Грація Миронівська	7		UA	2018
37	Естафета Миронівська	7		UA	2018
38	МПП Вишиванка	8		UA	2017
39	МПП Дніпрянка	6		UA	2018
40	МПП Княжна	7		UA	2017
41	МПП Фортуна	7		UA	2019
42	Оберіг Миронівський	6		UA	2014
43	Світанок Миронівський	6		UA	2014
44	Трудівниця Миронівська	7		UA	2017
45	МПП Ювілейна	7		UA	2019
46	Водограй	6	ННЦ «Інститут землеробства НААН»	UA	2018
47	Ефективна	9		UA	2020
48	Золотар	7		UA	2017
49	Кесарія Поліська	8		UA	2017
50	Краєвид	8		UA	2013
51	Любіто	7		UA	2022
52	Мережка	8		UA	2018
53	Миролюбна	7		UA	2018
54	Намисто	8		UA	2018
55	Пам'яті Гірка	9		UA	2017
56	Пирятинка	5		UA	2020
57	Поліська 90	6		UA	1994
58	Полісянка	7		UA	2018
59	Престижна	7		UA	2018
60	Співанка Поліська	9		UA	2018
61	Фортеця Поліська	7		UA	2020
62	Щедрівка Київська	8		UA	2016

## Продовження Додатку А

63	Аксиома Одеська	8		UA	2019
64	Версія Одеська	4		UA	2019
65	Віген	5		UA	2014
66	Досконалість одеська	6		UA	2019
67	Дума одеська	7		UA	2017
68	Дячнянка	7		UA	2019
69	Кантата одеська	7		UA	2016
70	Катруся одеська	7		UA	2016
71	Кубок	6		UA	2018
72	Мелодія одеська	7		UA	2014
73	Мудрість одеська	4		UA	2015
74	Нота одеська	5		UA	2017
75	Октава одеська	6		UA	2017
76	Оптима одеська	6		UA	2018
77	Оранта одеська	7		UA	2017
78	Обряд	7		UA	2014
79	Палітра	6		UA	2019
80	Постать	5		UA	2017
81	Родзинка одеська	5		UA	2018
82	СГІ-100	5		UA	2016
83	Січ	7		UA	2017
84	Славен	5		UA	2017
85	Соната одеська	7		UA	2016
86	Традиція одеська	6		UA	2014
87	Фортеця	7		UA	2019
88	Хвала	5		UA	2017
89	Щедрість одеська	7		UA	2014
90	Кубус	7		UA	2009
91	КВС Еміл	9	KWS	UA	2017
92	Тайра	8	Фермерське господарство «Бор»	UA	2018
	Середнє	6,6			
	Мін	3			
	Мах	9			

## Додаток Б.1

Висота рослини та тривалість періоду «1 січня - колосіння» батьківських компонентів, 2023–2025 рр.,  
ВП НУБіП України “Агрономічна дослідна станція”

Зразок	Висота рослин, см					Тривалість періоду «1 січня - колосіння»				
	2023	2024	2025	$\bar{x} \pm S \bar{x}$	V, %	2023	2024	2025	$\bar{x} \pm S \bar{x}$	V, %
Батьківські компоненти										
Achim	78,0	76,6	74,4	76,3±1,8*	2,4	149,0	153,2	156,8	153±3,9*	2,6
Altigo	71,0	71,8	77,4	73,4±3,5*	4,8	144,0	144,4	148,2	145,5±2,3	1,6
Mescal	74,0	82,0	86,2	80,7±6,2	7,7	148,0	149,2	153,0	150,1±2,6*	1,7
Urbanus	73,0	87,6	82,4	81,0±7,4	9,1	146,0	145,2	149,2	146,8±2,1	1,4
Зореслава	81,0	83,0	86,6	83,5±2,8	3,4	143,0	144,0	147,8	144,9±2,5	1,7
Київська 17	81,5	93,2	95,6	90,1±7,5*	8,4	144,5	143,6	146,2	144,8±1,3	0,9
Лірика Білоцерківська	84,5	94,6	94,2	91,1±5,7*	6,3	143,5	142,8	146,0	144,1±1,7*	1,2
Метелиця Харківська	82,0	89,0	89,4	86,8±4,2	4,8	147,0	144,6	148,4	146,7±1,9	1,3
Соборна	70,0	85,6	79,8	78,5±7,9*	10,0	140,0	139,6	143,2	140,9±2,0*	1,4
Тайра	70,5	85,4	80,4	78,8±7,6*	9,6	141,5	140,2	144,4	142±2,2*	1,5
Ювілейна Патона	86,5	89,4	90,4	88,8±2,0*	2,3	146,5	147,8	152,2	148,8±3,0*	2,0
Стандарти										
Нуасінт	64,0	70,0	72,0	68,7±4,2*	6,1	145,0	145,0	149,5	146,5±2,6	1,8
МІП Фортуна	85,0	93,0	95,0	91,0±5,3*	5,8	144,0	144,0	148,0	145,3±2,3	1,6
Подольська	83,0	91,0	93,0	89,0±5,3*	5,9	143,0	143,0	147,0	144,3±2,3*	1,6
Престижна	105,0	115,0	117,0	112,3±6,4*	5,7	150,0	150,0	154,0	151,3±2,3*	1,5
Смуглянка	75,0	82,0	84,3	80,4±4,8	6,0	141,0	141,0	144,8	142,3±2,2*	1,5
Хд	78,6	86,4	87,1	84,0	6,1	144,9	145,0	148,9	146,3	1,6
НІР <sub>05</sub>				4,2					1,8	

Примітка. Символом «\*» позначені – статистично значущі відмінності при 95% рівні достовірності.

## Додаток Б.2

Польові сходи та зимостійкість батьківських компонентів, 2023–2025 рр., ВП НУБіП України

“Агрономічна дослідна станція”

Зразок	Польові сходи, бал				Зимостійкість, бал				
	2023	2024	2025	$\bar{x} \pm S \bar{x}$	2023	2024	2025	$\bar{x} \pm S \bar{x}$	V, %
Батьківські компоненти									
Achim	8,0	8,4	9,0	8,5±0,5*	7,0	8,6	8,6	8,1±0,9*	11,5
Altigo	9,0	9,0	9,0	9,0±0,0	9,0	8,4	8,6	8,7±0,3	3,5
Mescal	9,0	9,0	9,0	9,0±0,0	9,0	8,4	8,8	8,7±0,3	3,5
Urbanus	9,0	9,0	9,0	9,0±0,0	9,0	8,2	9,0	8,7±0,5	5,3
Зореслава	9,0	8,2	8,8	8,7±0,4*	9,0	8,6	9,0	8,9±0,2	2,6
Київська 17	9,0	9,0	9,0	9,0±0,0	9,0	8,8	8,8	8,9±0,1	1,3
Лірика Білоцерківська	9,0	8,0	9,0	8,7±0,6*	9,0	8,4	9,0	8,8±0,3	3,9
Метелиця Харківська	9,0	8,8	9,0	8,9±0,1	8,5	8,6	8,8	8,6±0,2	1,8
Соборна	9,0	9,0	9,0	9,0±0,0	9,0	8,6	9,0	8,9±0,2	2,6
Тайра	9,0	9,0	9,0	9,0±0,0	9,0	8,8	8,9	8,9±0,1	1,1
Ювілейна Патона	9,0	9,0	9,0	9,0±0,0	8,0	8,0	8,2	8,1±0,1*	1,4
Стандарти									
Нуасінт	9,0	9,0	9,0	9,0±0,0	8,0	8,0	8,5	8,2±0,3*	3,5
МПП Фортуна	9,0	9,0	9,0	9,0±0,0	9,0	9,0	9,0	9,0±0,0*	0,0
Подоланка	9,0	9,0	9,0	9,0±0,0	9,0	9,0	9,0	9,0±0,0*	0,0
Престижна	9,0	9,0	9,0	9,0±0,0	9,0	9,0	9,0	9,0±0,0*	0,0
Смуглянка	9,0	9,0	9,0	9,0±0,0	9,0	9,0	9,0	9,0±0,0*	0,0
Хд	8,9	8,8	9,0	8,9	8,7	8,6	8,8	8,7	2,5
НІР <sub>05</sub>				0,2				0,2	

Примітка. Символом «\*» позначені – статистично значущі відмінності при 95% рівні достовірності.

## Додаток Б.3

Ураження батьківських компонентів збудниками листових хвороб, 2023–2025 рр., ВП НУБіП України  
 “Агрономічна дослідна станція”

Зразок	Ураження збудником септоріозу, %					Ураження збудником борошнистої роси, %				
	2023	2024	2025	$\bar{x} \pm S \bar{x}$	V, %	2023	2024	2025	$\bar{x} \pm S \bar{x}$	V, %
Батьківські компоненти										
Achim	3,0	16,0	17,0	12,0±7,8*	65,1	3,0	10,0	0,0	4,3±5,1	118,4
Altigo	5,0	30,0	29,0	21,3±14,2	66,3	5,0	18,0	0,0	7,7±9,3	121,2
Mescal	5,0	24,0	37,0	22,0±16,1	73,2	3,0	20,0	0,0	7,7±10,8	140,7
Urbanus	35,0	46,0	39,0	40,0±5,6*	13,9	5,0	30,0	0,0	11,7±16,1	137,8
Зореслава	20,0	24,0	8,0	17,3±8,3	48,0	15,0	20,0	6,0	13,7±7,1	51,9
Київська 17	5,0	20,0	16,0	13,7±7,8*	56,8	8,5	48,0	11,0	22,5±22,1*	98,3
Лірика Білоцерківська	12,5	30,0	41,0	27,8±14,4	51,6	5,0	18,0	10,0	11,0±6,6	59,6
Метелиця Харківська	20,0	26,0	47,0	31,0±14,2	45,7	10,0	40,0	8,0	19,3±17,9*	92,7
Соборна	10,0	26,0	45,0	27,0±17,5	64,9	20,0	30,0	0,0	16,7±15,3	91,7
Тайра	30,0	36,0	37,2	34,4±3,9	11,2	10,0	22,0	5,0	12,3±8,7	70,8
Ювілейна Патона	3,0	26,0	45,0	24,7±21,0	85,3	3,0	12,0	3,0	6,0±5,2	86,6
Стандарти										
Нуасінт	18,0	36,0	50,0	34,7±16,0	46,3	3,0	10,0	0,0	4,3±5,1	118,4
МПП Фортуна	16,0	33,0	45,0	31,3±14,6	46,5	3,0	10,0	0,0	4,3±5,1	118,4
Подольянка	13,0	27,0	37,5	25,8±12,3	47,6	13,0	27,0	10,0	16,7±9,1	54,4
Престижна	21,0	44,0	60,0	41,7±19,6*	47,1	3,0	10,0	0,0	4,3±5,1	118,4
Смуглянка	16,0	33,0	45,0	31,3±14,6	46,5	13,0	27,0	11,3	17,1±8,6	50,5
Хд	14,6	30,0	37,9	27,5	50,7	7,4	21,3	3,8	10,8	97,0
НІР <sub>05</sub>				10,7					8,3	

Примітка. Символом «\*» позначені – статистично значущі відмінності при 95% рівні достовірності.

## Додаток Б.4

Показники структури врожаю батьківських компонентів, 2023–2025 рр., ВП НУБіП України  
“Агрономічна дослідна станція”

Зразок	Довжина колоса, см					Кількість колосків в колосі, шт					Щільність колосу				
	2023	2024	2025	$\bar{x} \pm S \bar{x}$	V, %	2023	2024	2025	$\bar{x} \pm S \bar{x}$	V, %	2023	2024	2025	$\bar{x} \pm S \bar{x}$	V, %
Батьківські компоненти															
Achim	10,4	10,2	9,1	9,9±0,7*	6,7	19,5	18,4	16,1	18,0±1,7	9,5	17,8	17,1	16,5	17,1±0,6	3,7
Altigo	7,7	8,5	7,7	8,0±0,5*	6,0	15,9	17,3	15,9	16,3±0,8*	5,1	19,3	19,1	19,3	19,2±0,1*	0,5
Mescal	10,3	11,3	10,8	10,8±0,5*	4,7	19,1	21,1	17,3	19,1±1,9*	9,9	17,6	17,8	15,0	16,8±1,5*	9,2
Urbanus	9,0	9,7	10,4	9,7±0,7*	7,3	17,3	15,4	17,3	16,7±1,1	6,5	18,1	14,9	15,6	16,2±1,7*	10,4
Зореслава	8,8	9,4	9,2	9,1±0,3	3,2	17,1	16,6	17,8	17,2±0,6	3,6	18,3	16,6	18,3	17,8±1,0	5,5
Київська 17	9,4	9,0	10,0	9,5±0,5	5,1	15,6	13,9	16,6	15,3±1,3*	8,7	15,5	14,3	15,6	15,1±0,7*	4,7
Лірика Білоцерківська	8,6	9,0	8,6	8,8±0,2*	2,5	15,1	15,8	15,0	15,3±0,5*	3,0	16,3	16,4	16,2	16,3±0,1*	0,8
Метелиця Харківська	9,4	10,0	9,7	9,7±0,3*	2,8	19,0	20,6	19,0	19,5±0,9*	4,7	19,1	19,6	18,6	19,1±0,5*	2,7
Соборна	8,2	8,0	8,1	8,1±0,1*	1,0	16,1	16,2	15,4	15,9±0,4*	2,7	18,4	18,9	17,7	18,4±0,6*	3,3
Тайра	7,7	8,5	7,6	7,9±0,5*	6,0	15,5	15,9	15,2	15,5±0,4*	2,3	18,8	17,5	18,6	18,3±0,7*	3,8
Ювілейна Патона	9,9	9,6	9,6	9,7±0,2*	1,8	21,2	21,9	18,2	20,4±2*	9,6	20,4	21,7	17,9	20,0±2*	9,8
Стандарти															
Нуасінт	9,5	9,9	9,7	9,7±0,2*	1,8	18,1	18,3	17,5	18,0±0,5	2,5	18,0	17,6	17,0	17,5±0,5	3,0
МІП Фортуна	8,7	9,1	8,9	8,9±0,2*	1,8	17,1	17,3	16,5	17,0±0,4	2,5	18,4	18,0	17,4	17,9±0,5	3,1
Подольянка	8,8	9,1	9,0	9,0±0,2	1,8	17,2	17,4	16,6	17,0±0,4	2,5	18,4	17,9	17,3	17,9±0,5	3,1
Престижна	10,0	10,4	10,2	10,2±0,2*	1,8	18,2	18,4	17,5	18,0±0,5*	2,5	17,1	16,7	16,1	16,7±0,5*	3,0
Смуглянка	8,3	8,6	8,5	8,5±0,2*	1,8	16,5	16,7	15,9	16,4±0,4*	2,5	18,7	18,2	17,6	18,1±0,6	3,1
Хд	9,1	9,4	9,2	9,2	3,4	17,4	17,6	16,7	17,2	4,8	18,1	17,6	17,1	17,6	4,3
НІР <sub>05</sub>				0,3					0,8					0,7	

Примітка. Символом «\*» позначені – статистично значущі відмінності при 95% рівні достовірності.

## Додаток Б.5

Показники структури врожаю батьківських компонентів, 2023–2025 рр., ВП НУБіП України  
“Агрономічна дослідна станція”

Зразок	Кількість зерен в колосі, шт					Маса 1000 зерен, г					Маса зерен з колоса, г					
	2023	2024	2025	$\bar{x} \pm S \bar{x}$	V, %	2023	2024	2025	$\bar{x} \pm S \bar{x}$	V, %	2023	2024	2025	$\bar{x} \pm S \bar{x}$	V, %	
Батьківські компоненти																
Achim	71,3	51,1	60,9	61,1±10,1*	16,5	57,4	36,7	51,6	48,6±10,7	22,0	3,7	1,9	3,1	2,9±0,9	31,7	
Altigo	38,3	45,4	44,9	42,8±3,9*	9,2	49,4	46,0	54,7	50,0±4,4	8,7	2,2	2,1	2,5	2,2±0,2*	8,5	
Mescal	64,3	84,7	60,4	69,8±13,0*	18,7	48,8	32,1	50,0	43,7±10,0*	22,9	3,3	2,7	3,0	3,0±0,3*	10,2	
Urbanus	46,6	47,6	57,2	50,4±5,9	11,6	46,0	54,3	55,1	51,8±5,1	9,8	2,7	2,6	3,2	2,8±0,3	11,0	
Зореслава	46,6	45,0	43,9	45,1±1,4*	3,1	50,0	49,6	57,7	52,4±4,6	8,7	2,3	2,2	2,5	2,4±0,2*	6,5	
Київська 17	49,9	44,7	54,8	49,8±5,1*	10,2	51,3	56,1	57,4	54,9±3,2*	5,8	2,9	2,5	3,1	2,9±0,3	11,3	
Лірика Білоцерківська	54,1	52,0	49,0	51,7±2,6	5,0	52,9	48,1	50,2	50,4±2,4	4,8	2,9	2,5	2,5	2,6±0,2	9,5	
Метелиця Харківська	51,2	54,6	55,7	53,8±2,3	4,4	57,9	48,3	49,0	51,7±5,4	10,4	2,5	2,6	2,7	2,6±0,1	3,7	
Соборна	43,5	37,6	46,9	42,7±4,7*	11,0	58,1	35,7	45,5	46,4±11,2	24,2	2,0	1,3	2,1	1,8±0,4*	23,2	
Тайра	44,0	47,9	46,7	46,2±2,0*	4,3	53,6	47,6	49,3	50,2±3,1	6,2	2,2	2,3	2,3	2,2±0,1*	3,5	
Ювілейна Патона	65,9	61,0	65,0	63,9±2,6*	4,1	56,1	50,4	51,2	52,6±3,1	5,9	3,7	3,1	3,3	3,4±0,3*	8,7	
Стандарти																
Нуасінт	60,0	59,6	62,7	60,8±1,7*	2,8	45,0	39,1	44,6	42,9±3,3*	7,7	2,7	2,3	2,8	2,6±0,3	10,1	
МІП Фортуна	53,4	53,0	55,9	54,1±1,5	2,8	53,0	46,0	52,4	50,4±3,9	7,7	2,8	2,4	2,9	2,7±0,3	10,1	
Подольянка	46,1	45,8	48,2	46,7±1,3*	2,8	54,9	47,7	54,3	52,3±4,0	7,7	2,5	2,2	2,6	2,4±0,2	10,1	
Престижна	54,6	54,2	57,1	55,3±1,6	2,8	67,6	58,7	66,9	64,4±4,9*	7,7	3,7	3,1	3,8	3,6±0,4*	10,1	
Смуглянка	49,8	49,5	52,1	50,4±1,4	2,8	52,8	45,8	52,2	50,3±3,9	7,7	2,6	2,2	2,7	2,5±0,3	10,1	
Хд	53,3	52,9	54,7	53,6	6,8	53,1	46,1	52,3	50,5	10,3	2,8	2,4	2,9	2,7	11,1	
НІР <sub>05</sub>				3,8					4,4					0,3		

Примітка. Символом «\*» позначені – статистично значущі відмінності при 95% рівні достовірності.

## Додаток Б.6

Показники якості зерна батьківських компонентів, 2023–2025 рр., ВП НУБіП України

“Агрономічна дослідна станція”

Зразок	Вміст білку, %					Вміст сирової клейковини, %				
	2023	2024	2025	$\bar{x} \pm S \bar{x}$	V, %	2023	2024	2025	$\bar{x} \pm S \bar{x}$	V, %
Батьківські компоненти										
Achim	11,5	14,6	15,2	13,8±2,0	14,5	25,6	28,1	30,6	28,1±2,5	8,9
Altigo	12,0	13,0	13,5	12,8±0,8	6,0	25,5	26,0	28,5	26,7±1,6	6,0
Mescal	11,8	15,6	12,3	13,2±2,1	15,6	24,8	28,0	27,3	26,7±1,7	6,3
Urbanus	13,0	13,8	14,8	13,9±0,9	6,5	27,6	27,5	29,9	28,3±1,4	4,9
Зореслава	11,9	15,7	11,6	13,1±2,3	17,5	25,4	28,5	26,6	26,8±1,6	5,8
Київська 17	13,0	12,9	11,5	12,5±0,8	6,8	27,2	26,2	26,1	26,5±0,6	2,3
Лірика Білоцерківська	12,9	13,5	12,8	13,1±0,4	3,0	27,3	27,3	27,9	27,5±0,3	1,3
Метелиця Харківська	12,6	14,0	11,7	12,8±1,2	9,1	26,1	27,3	25,6	26,3±0,9*	3,3
Соборна	13,4	12,9	12,5	12,9±0,5	3,7	27,3	26,0	26,3	26,5±0,7	2,6
Тайра	12,6	13,0	12,5	12,7±0,3	2,2	26,0	26,8	27,1	26,6±0,6	2,1
Ювілейна Патона	11,8	13,3	12,4	12,5±0,8	6,1	25,4	26,2	27,1	26,2±0,9*	3,3
Стандарти										
Нуасінт	12,4	13,1	15,5	13,7±1,6	11,9	28,2	29,3	32,6	30,0±2,3*	7,5
МІП Фортуна	11,4	12,7	12,2	12,1±0,7*	5,5	25,8	26,7	27,8	26,8±1,0	3,7
Подольянка	11,6	12,9	12,4	12,3±0,7	5,5	25,4	26,3	27,4	26,3±1,0*	3,7
Престижна	13,6	15,8	14,5	14,6±1,1*	7,6	29,0	30,0	31,2	30,0±1,1*	3,7
Смуглянка	11,5	12,9	12,3	12,2±0,7	5,5	26,1	27,0	28,2	27,1±1,0	3,7
Хд	12,3	13,8	13,0	13,0	7,8	26,5	27,4	28,2	27,4	4,3
НІР <sub>05</sub>				0,9					1,0	

Примітка. Символом «\*» позначені – статистично значущі відмінності при 95% рівні достовірності.

## Додаток Б.7

Показники якості зерна батьківських компонентів, 2023–2025 рр., ВП НУБіП України

“Агрономічна дослідна станція”

Зразок	Натура г/л					Число падіння (метод Пертена-Хагберга), с					Показник седиментації, мл				
	2023	2024	2025	$\bar{x} \pm S \bar{x}$	V, %	2023	2024	2025	$\bar{x} \pm S \bar{x}$	V, %	2023	2024	2025	$\bar{x} \pm S \bar{x}$	V, %
Батьківські компоненти															
Achim	742	780	761	761±19*	2,5	355	404	379	379±25*	6,5	45	36	41	41±5	11,1
Altigo	761	734	747	747±134*	1,8	334	330	332	332±2	0,6	43	31	37	37±6	16,2
Mescal	726	780	759	755±27*	3,6	391	467	423	427±38*	8,9	50	38	46	45±6	13,7
Urbanus	780	819	799	799±20*	2,5	252	212	283	249±36*	14,3	42	24	43	36±11	29,4
Зореслава	767	780	773	773±7	0,8	380	358	429	389±36*	9,3	49	27	44	40±12	28,8
Київська 17	847	809	827	828±19*	2,3	336	200	232	256±71*	27,8	46	30	33	36±9	23,4
Лірика Білоцерківська	784	807	795	795±11*	1,4	383	423	369	392±28*	7,2	60	35	38	44±14	30,8
Метелиця Харківська	747	788	767	767±21	2,7	416	415	268	366±85	23,2	44	27	38	36±9	23,7
Соборна	780	816	797	798±18*	2,3	324	318	403	348±47	13,6	44	31	48	41±9	21,7
Тайра	793	843	818	818±25*	3,1	335	328	415	359±48	13,5	46	32	36	38±7	19,0
Ювілейна Патона	737	788	762	762±25*	3,3	310	304	253	289±31*	10,8	46	32	41	40±7	17,9
Стандарти															
Нуасінт	769	795	776	780±14	1,7	393	454	385	411±38*	9,2	46	45	43	45±2	3,4
МІП Фортуна	744	769	751	755±13*	1,7	256	251	241	249±8*	3,1	48	33	36	39±8	20,4
Подольянка	752	776	758	762±13*	1,6	403	395	310	369±52*	14,0	51	35	37	41±9	21,3
Престижна	785	811	792	796±14*	1,7	318	312	320	317±4	1,3	48	33	39	40±8	18,9
Смуглянка	761	786	767	771±13	1,7	253	247	296	265±27*	10,1	43	30	39	37±7	17,8
Хд	765	791	776	777	2,1	339	333	332	335	11,2	47	33	40	40	19,7
НІР <sub>05</sub>				13					33					6	

Примітка. Символом «\*» позначені – статистично значущі відмінності при 95% рівні достовірності.

## Додаток Б.8

Врожайність батьківських компонентів, 2023–2025 рр., ВП НУБіП України “Агрономічна дослідна станція”

Зразок	Коефіцієнт продуктивного кущення					Врожайність, т/га				
	2023	2024	2025	$\bar{x} \pm S \bar{x}$	V, %	2023	2024	2025	$\bar{x} \pm S \bar{x}$	V, %
Батьківські компоненти										
Achim	1,8	3,1	1,5	2,1±0,8	39,3	6,1	7,3	2,1	5,2±2,7*	52,6
Altigo	1,6	2,7	2,4	2,2±0,5	24,0	5,8	4,6	6,0	5,5±0,7*	13,6
Mescal	1,2	3,3	1,3	1,9±1,2*	60,7	5,5	6,8	4,5	5,6±1,1	20,3
Urbanus	2,1	3,9	1,6	2,5±1,2	48,9	5,9	8,6	5,2	6,6±1,8	27,4
Зореслава	1,7	3,6	2,6	2,6±0,9	36,4	6,3	6,5	8,3	7,0±1,1	15,6
Київська 17	1,8	3,4	2,9	2,7±0,8	30,4	5,0	7,9	8,3	7,1±1,8	25,4
Лірика Білоцерківська	2,4	3,1	3,0	2,8±0,3	12,2	6,1	7,0	7,3	6,8±0,6	9,3
Метелиця Харківська	2,2	3,6	2,4	2,7±0,8	27,9	6,3	6,9	7,5	6,9±0,6	8,4
Соборна	2,1	3,9	3,0	3,0±0,9	28,9	5,1	6,3	5,9	5,8±0,6	10,8
Тайра	1,7	3,9	3,3	3,0±1,2	39,0	5,3	6,1	7,6	6,3±1,2	18,5
Ювілейна Патона	2,2	2,8	1,5	2,2±0,6	29,5	4,4	8,4	5,3	6,0±2,1	35,1
Стандарти										
Нуасінт	1,7	3,1	2,2	2,3±0,7	30,7	3,3	4,0	3,8	3,7±0,4*	10,9
МІП Фортуна	2,9	5,3	3,7	4,0±1,2*	30,7	8,0	9,9	9,2	9,0±1,0*	10,6
Подольнка	2,1	3,9	2,7	2,9±0,9	30,7	5,8	7,1	6,7	6,5±0,7	10,6
Престижна	1,9	3,5	2,5	2,7±0,8	30,7	7,8	9,6	9,0	8,8±0,9*	10,6
Смуглянка	2,5	4,6	3,2	3,5±1,1*	30,7	6,3	7,8	7,3	7,1±0,8	10,6
Хд	2,0	3,6	2,5	2,7	33,0	5,8	7,2	6,5	6,5	17,7
НІР <sub>05</sub>				0,7					1,0	

Примітка. Символом «\*» позначені – статистично значущі відмінності при 95% рівні достовірності.

## Додаток В.1

Характеристика експериментальних гібридів пшениці м'якої озимої за показником польової схожості. ВП НУБіП України "Агрономічна дослідна станція", 2024–2025 рр.

Польові сходи, бал				
Зразок	2024	2025	$\bar{x} \pm S \bar{x}$	V, %
Гібриди				
Altigo/Mescal	9,0	7,0	8±1,4*	17,7
Altigo/Urbanus	9,0	9,0	9±0	0,0
Altigo/Київська 17	9,0	9,0	9±0	0,0
Altigo/Лірика Біл.	9,0	8,0	8,5±0,7*	8,3
Altigo/Юв. Патона	9,0	9,0	9±0	0,0
Зореслава/Mescal	9,0	9,0	9±0	0,0
Зореслава/Urbanus	9,0	9,0	9±0	0,0
Зореслава/Київська 17	9,0	9,0	9±0	0,0
Зореслава/Лірика Біл.	9,0	9,0	9±0	0,0
Зореслава/Юв. Патона	9,0	9,0	9±0	0,0
Метелиця Харк./Mescal	9,0	9,0	9±0	0,0
Метелиця Харк./Urbanus	9,0	9,0	9±0	0,0
Метелиця Харк./Київська 17	9,0	9,0	9±0	0,0
Метелиця Харк./Лірика Біл.	9,0	9,0	9±0	0,0
Метелиця Харк./Юв. Патона	9,0	9,0	9±0	0,0
Соборна/Mescal	9,0	9,0	9±0	0,0
Соборна/Urbanus	9,0	9,0	9±0	0,0
Соборна/Київська 17	9,0	9,0	9±0	0,0
Соборна/Лірика Біл.	9,0	9,0	9±0	0,0
Соборна/Юв. Патона	9,0	9,0	9±0	0,0
Тайра/Mescal	9,0	9,0	9±0	0,0
Тайра/Urbanus	9,0	9,0	9±0	0,0
Тайра/Київська 17	9,0	9,0	9±0	0,0
Тайра/Лірика Біл.	9,0	9,0	9±0	0,0
Тайра/Юв. Патона	9,0	9,0	9±0	0,0
Стандарти				
Нуасінт	9,0	9,0	9±0	0,0
МІП Фортуна	9,0	9,0	9±0	0,0
Подольнка	9,0	9,0	9±0	0,0
Престижна	9,0	9,0	9±0	0,0
Смуглянка	9,0	9,0	9±0	0,0
Хд	9,0	8,9	9,0	0,8
НІР <sub>05</sub>			0,2	

Примітка. Символом «\*» позначені – статистично значущі відмінності при 95% рівні достовірності.

## Додаток В.2

Характеристика експериментальних гібридів пшениці м'якої озимої за зимостійкістю. ВП НУБіП України “Агрономічна дослідна станція”,  
2024–2025 рр.

Зимостійкість, бал				
Зразок	2024	2025	$\bar{x} \pm S \bar{x}$	V, %
Гібриди				
Altigo/Mescal	8,0	9,0	8,5±0,7*	8,3
Altigo/Urbanus	8,0	9,0	8,5±0,7*	8,3
Altigo/Київська 17	9,0	9,0	9,0±0,0	0,0
Altigo/Лірика Біл.	9,0	9,0	9,0±0,0	0,0
Altigo/Юв. Патона	8,0	9,0	8,5±0,7*	8,3
Зореслава/Mescal	8,0	9,0	8,5±0,7*	8,3
Зореслава/Urbanus	9,0	9,0	9,0±0,0	0,0
Зореслава/Київська 17	8,0	9,0	8,5±0,7*	8,3
Зореслава/Лірика Біл.	9,0	9,0	9,0±0,0	0,0
Зореслава/Юв. Патона	9,0	9,0	9,0±0,0	0,0
Метелиця Харк./Mescal	9,0	9,0	9,0±0,0	0,0
Метелиця Харк./Urbanus	9,0	9,0	9,0±0,0	0,0
Метелиця Харк./Київська 17	9,0	9,0	9,0±0,0	0,0
Метелиця Харк./Лірика Біл.	9,0	9,0	9,0±0,0	0,0
Метелиця Харк./Юв. Патона	9,0	9,0	9,0±0,0	0,0
Соборна/Mescal	9,0	9,0	9,0±0,0	0,0
Соборна/Urbanus	8,0	9,0	8,5±0,7*	8,3
Соборна/Київська 17	9,0	9,0	9,0±0,0	0,0
Соборна/Лірика Біл.	8,0	9,0	8,5±0,7*	8,3
Соборна/Юв. Патона	8,0	9,0	8,5±0,7*	8,3
Тайра/Mescal	9,0	9,0	9,0±0,0	0,0
Тайра/Urbanus	9,0	9,0	9,0±0,0	0,0
Тайра/Київська 17	7,0	8,0	7,5±0,7*	9,4
Тайра/Лірика Біл.	9,0	9,0	9,0±0,0	0,0
Тайра/Юв. Патона	8,0	9,0	8,5±0,7*	8,3
Стандарти				
Нуасінт	8,0	8,5	8,3±0,4*	4,3
МІП Фортуна	9,0	9,0	9,0±0,0	0,0
Подольянка	9,0	9,0	9,0±0,0	0,0
Престижна	9,0	9,0	9,0±0,0	0,0
Смуглянка	9,0	9,0	9,0±0,0	0,0
Хд	8,6	9,0	8,8	2,9
НІР <sub>05</sub>			0,3	

Примітка. Символом «\*» позначені – статистично значущі відмінності при 95% рівні достовірності.

## Додаток В.3

Характеристика експериментальних гібридів пшениці м'якої озимої за висотою рослин. ВП НУБіП України "Агрономічна дослідна станція", 2024–2025 рр.

Висота рослин, см				
Зразок	2024	2025	$\bar{x} \pm S \bar{x}$	V, %
Гібриди				
Altigo/Mescal	84,0	75,0	79,5±6,4*	8,0
Altigo/Urbanus	83,0	88,0	85,5±3,5*	4,1
Altigo/Київська 17	88,0	92,0	90,0±2,8	3,1
Altigo/Лірика Біл.	98,0	86,0	92,0±8,5	9,2
Altigo/Юв. Патона	85,0	94,0	89,5±6,4	7,1
Зореслава/Mescal	84,0	96,0	90,0±8,5	9,4
Зореслава/Urbanus	98,0	99,0	98,5±0,7*	0,7
Зореслава/Київська 17	95,0	100,0	97,5±3,5*	3,6
Зореслава/Лірика Біл.	100,0	93,0	96,5±4,9*	5,1
Зореслава/Юв. Патона	102,0	105,0	103,5±2,1*	2,0
Метелиця Харк./Mescal	95,0	94,0	94,5±0,7	0,7
Метелиця Харк./Urbanus	83,0	90,0	86,5±4,9*	5,7
Метелиця Харк./Київська 17	92,0	89,0	90,5±2,1	2,3
Метелиця Харк./Лірика Біл.	102,0	96,0	99,0±4,2*	4,3
Метелиця Харк./Юв. Патона	100,0	85,0	92,5±10,6	11,5
Соборна/Mescal	90,0	87,0	88,5±2,1*	2,4
Соборна/Urbanus	93,0	87,0	90,0±4,2	4,7
Соборна/Київська 17	103,0	87,0	95,0±11,3	11,9
Соборна/Лірика Біл.	97,0	91,0	94,0±4,2	4,5
Соборна/Юв. Патона	95,0	94,0	94,5±0,7	0,7
Тайра/Mescal	105,0	93,0	99,0±8,5*	8,6
Тайра/Urbanus	100,0	87,0	93,5±9,2	9,8
Тайра/Київська 17	100,0	94,0	97,0±4,2*	4,4
Тайра/Лірика Біл.	100,0	98,0	99,0±1,4*	1,4
Тайра/Юв. Патона	104,0	97,0	100,5±4,9*	4,9
Стандарти				
Нуасінт	70,0	72,0	71,0±1,4*	2,0
МІП Фортуна	93,0	95,0	94,0±1,4	1,5
Подольнка	91,0	93,0	92,0±1,4	1,5
Престижна	115,0	117,0	116,0±1,4*	1,2
Смуглянка	82,0	84,3	83,1±1,6*	1,9
Хд	93,8	91,6	92,7	4,5
НІР <sub>05</sub>			3,4	

Примітка. Символом «\*» позначені – статистично значущі відмінності при 95% рівні достовірності.

## Додаток В.4

Характеристика експериментальних гібридів пшениці м'якої озимої за датою колосіння. ВП НУБіП України “Агрономічна дослідна станція”, 2024–2025 рр.

Тривалість періоду «1 січня – колосіння», д				
Зразок	2024	2025	$\bar{x} \pm S \bar{x}$	V, %
Гібриди				
Altigo/Mescal	147,0	151,0	149,0±2,8*	1,9
Altigo/Urbanus	142,0	148,0	145,0±4,2	2,9
Altigo/Київська 17	142,0	147,0	144,5±3,5	2,4
Altigo/Лірика Біл.	142,0	146,0	144,0±2,8	2,0
Altigo/Юв. Патона	146,0	149,0	147,5±2,1*	1,4
Зореслава/Mescal	144,0	149,0	146,5±3,5	2,4
Зореслава/Urbanus	143,0	147,0	145,0±2,8	2,0
Зореслава/Київська 17	144,0	146,0	145,0±1,4	1,0
Зореслава/Лірика Біл.	143,0	146,0	144,5±2,1	1,5
Зореслава/Юв. Патона	145,0	149,0	147,0±2,8	1,9
Метелиця Харк./Mescal	146,0	149,0	147,5±2,1*	1,4
Метелиця Харк./Urbanus	144,0	148,0	146,0±2,8	1,9
Метелиця Харк./Київська 17	143,0	147,0	145,0±2,8	2,0
Метелиця Харк./Лірика Біл.	142,0	146,0	144,0±2,8	2,0
Метелиця Харк./Юв. Патона	147,0	150,0	148,5±2,1*	1,4
Соборна/Mescal	144,0	148,0	146,0±2,8	1,9
Соборна/Urbanus	141,0	145,0	143,0±2,8*	2,0
Соборна/Київська 17	141,0	144,0	142,5±2,1*	1,5
Соборна/Лірика Біл.	141,0	145,0	143,0±2,8*	2,0
Соборна/Юв. Патона	143,0	148,0	145,5±3,5	2,4
Тайра/Mescal	143,0	149,0	146,0±4,2	2,9
Тайра/Urbanus	141,0	146,0	143,5±3,5*	2,5
Тайра/Київська 17	142,0	145,0	143,5±2,1*	1,5
Тайра/Лірика Біл.	140,0	144,0	142,0±2,8*	2,0
Тайра/Юв. Патона	142,0	147,0	144,5±3,5	2,4
Стандарти				
Нуасінт	145,0	149,5	147,3±3,2	2,2
МІП Фортуна	144,0	148,0	146,0±2,8	1,9
Подольнка	143,0	147,0	145,0±2,8	2,0
Престижна	150,0	154,0	152,0±2,8*	1,9
Смуглянка	141,0	144,8	142,9±2,7*	1,9
Хд	143,5	147,6	145,5	2,0
НІР <sub>05</sub>			1,9	

Примітка. Символом «\*» позначені – статистично значущі відмінності при 95% рівні достовірності.

## Додаток В.5

Характеристика експериментальних гібридів пшениці м'якої озимої за коефіцієнтом продуктивного кушення. ВП НУБіП України "Агрономічна дослідна станція", 2024–2025 рр.

Коефіцієнт продуктивного кушення				
Зразок	2024	2025	$\bar{x} \pm S \bar{x}$	V, %
Гібриди				
Altigo/Mescal	3,8	2,2	3,0±1,2	38,5
Altigo/Urbanus	3,7	2,5	3,1±0,8	25,9
Altigo/Київська 17	4,1	3,0	3,6±0,8	22,4
Altigo/Лірика Біл.	4,6	1,8	3,2±2,0	61,9
Altigo/Юв. Патона	4,1	2,5	3,3±1,1	33,5
Зореслава/Mescal	4,3	3,1	3,7±0,9	24,7
Зореслава/Urbanus	4,2	3,0	3,6±0,8	22,3
Зореслава/Київська 17	2,5	3,3	2,9±0,6	20,0
Зореслава/Лірика Біл.	2,4	2,9	2,7±0,3*	12,6
Зореслава/Юв. Патона	3,1	3,6	3,3±0,3	10,1
Метелиця Харк./Mescal	5,2	3,2	4,2±1,5*	34,7
Метелиця Харк./Urbanus	3,4	2,7	3,1±0,5	17,6
Метелиця Харк./Київська 17	4,5	2,6	3,5±1,4	39,0
Метелиця Харк./Лірика Біл.	2,6	3,3	2,9±0,5	16,6
Метелиця Харк./Юв. Патона	4,5	2,9	3,7±1,2	31,1
Соборна/Mescal	5,3	2,5	3,9±2,0	50,6
Соборна/Urbanus	3,7	2,3	3,0±1,0	34,0
Соборна/Київська 17	3,2	3,9	3,6±0,5	15,1
Соборна/Лірика Біл.	4,0	2,9	3,5±0,8	21,9
Соборна/Юв. Патона	3,6	2,5	3,0±0,8	25,3
Тайра/Mescal	4,9	2,5	3,7±1,7	45,5
Тайра/Urbanus	5,0	3,7	4,3±0,9*	21,4
Тайра/Київська 17	2,3	3,7	3,0±1,0	32,7
Тайра/Лірика Біл.	4,5	3,2	3,8±0,9	24,8
Тайра/Юв. Патона	3,6	2,7	3,1±0,7	20,7
Стандарти				
Нуасінт	3,1	2,2	2,7±0,7*	24,9
МІП Фортуна	5,3	3,7	4,5±1,1*	24,9
Подольнка	3,9	2,7	3,3±0,8	24,9
Престижна	3,5	2,5	3,0±0,8	24,9
Смуглянка	4,6	3,2	3,9±1,0	24,9
Хд	3,9	2,9	3,4	27,5
НІР <sub>05</sub>			0,7	

Примітка. Символом «\*» позначені – статистично значущі відмінності при 95% рівні достовірності.

## Додаток В.6

Характеристика експериментальних гібридів пшениці м'якої озимої за ураженням збудником борошністої роси та септоріозу. ВП НУБіП України  
“Агрономічна дослідна станція”, 2024–2025 рр.

Зразок	Ураження збудником борошністої роси, %			Ураження збудником септоріозу, %		
	2024	2025	$\bar{x} \pm S \bar{x}$	2024	2025	$\bar{x} \pm S \bar{x}$
Гібриди						
Altigo/Mescal	10,0	0,0	5,0±7,1	20,0	45,0	32,5±17,7
Altigo/Urbanus	20,0	0,0	10,0±14,1	40,0	25,0	32,5±10,6
Altigo/Київська 17	40,0	0,0	20±28,3	20,0	25,0	22,5±3,5*
Altigo/Лірика Біл.	10,0	15,0	12,5±3,5	30,0	25,0	27,5±3,5
Altigo/Юв. Патона	20,0	0,0	10,0±14,1	30,0	65,0	47,5±24,7*
Зореслава/Mescal	30,0	0,0	15,0±21,2	20,0	65,0	42,5±31,8*
Зореслава/Urbanus	20,0	0,0	10,0±14,1	30,0	25,0	27,5±3,5
Зореслава/Київська 17	40,0	0,0	20,0±28,3	20,0	15,0	17,5±3,5*
Зореслава/Лірика Біл.	30,0	0,0	15,0±21,2	20,0	0,0	10,0±14,1*
Зореслава/Юв. Патона	0,0	25,0	12,5±17,7	20,0	35,0	27,5±10,6
Метелиця Харк./Mescal	30,0	0,0	15,0±21,2	30,0	65,0	47,5±24,7*
Метелиця Харк./Urbanus	30,0	0,0	15,0±21,2	30,0	65,0	47,5±24,7*
Метелиця Харк./Київська 17	60,0	0,0	30,0±42,4*	30,0	55,0	42,5±17,7*
Метелиця Харк./Лірика Біл.	50,0	0,0	25,0±35,4	30,0	55,0	42,5±17,7*
Метелиця Харк./Юв. Патона	50,0	0,0	25,0±35,4	40,0	65,0	52,5±17,7*
Соборна/Mescal	20,0	0,0	10,0±14,1	20,0	0,0	10,0±14,1*
Соборна/Urbanus	50,0	0,0	25,0±35,4	40,0	25,0	32,5±10,6
Соборна/Київська 17	30,0	15,0	22,5±10,6	20,0	25,0	22,5±3,5*
Соборна/Лірика Біл.	10,0	0,0	5,0±7,1	20,0	25,0	22,5±3,5*
Соборна/Юв. Патона	0,0	0,0	0,0±0,0*	30,0	0,0	15,0±21,2*
Тайра/Mescal	10,0	0,0	5,0±7,1	30,0	25,0	27,5±3,5
Тайра/Urbanus	30,0	45,0	37,5±10,6*	30,0	55,0	42,5±17,7*
Тайра/Київська 17	60,0	35,0	47,5±17,7*	20,0	15,0	17,5±3,5*
Тайра/Лірика Біл.	30,0	0,0	15,0±21,2	40,0	15,0	27,5±17,7
Тайра/Юв. Патона	10,0	0,0	5,0±7,1	30,0	25,0	27,5±3,5
Стандарти						
Нуасінт	10,0	0,0	5,0±7,1	36,0	50,0	43,0±9,9*
МІП Фортуна	10,0	0,0	5,0±7,1	33,0	45,0	39,0±8,5
Подольнка	27,0	10,0	18,5±12	27,0	37,5	32,3±7,4
Престижна	10,0	0,0	5,0±7,1	44,0	60,0	52,0±11,3*
Смуглянка	27,0	11,3	19,1±11,1	33,0	45,0	39±8,5
Хд	25,3	5,0	15,2	28,9	36,2	32,6
НІР <sub>05</sub>			12,8			9,5

Примітка. Символом «\*» позначені – статистично значущі відмінності при 95% рівні достовірності.

## Додаток В.7

Характеристика експериментальних гібридів пшениці м'якої озимої за масою 1000 зерен. ВП НУБіП України "Агрономічна дослідна станція", 2024–2025 рр.

Маса 1000 зерен, г				
Зразок	2024	2025	$\bar{x} \pm S \bar{x}$	V, %
Гібриди				
Altigo/Mescal	46,1	50,3	48,2±3,0*	6,3
Altigo/Urbanus	53,0	58,5	55,7±3,9*	7,0
Altigo/Київська 17	61,2	56,9	59,1±3,1*	5,2
Altigo/Лірика Біл.	53,5	55,2	54,4±1,2	2,2
Altigo/Юв. Патона	49,7	54,0	51,9±3,0	5,9
Зореслава/Mescal	49,6	55,2	52,4±4,0	7,6
Зореслава/Urbanus	50,1	57,0	53,5±4,9	9,1
Зореслава/Київська 17	41,8	59,9	50,9±12,8	25,1
Зореслава/Лірика Біл.	55,2	55,8	55,5±0,4*	0,7
Зореслава/Юв. Патона	58,8	56,6	57,7±1,6*	2,7
Метелиця Харк./Mescal	51,1	55,8	53,4±3,3	6,2
Метелиця Харк./Urbanus	55,8	55,7	55,8±0,1*	0,1
Метелиця Харк./Київська 17	59,1	55,1	57,1±2,8*	5,0
Метелиця Харк./Лірика Біл.	46,4	52,5	49,4±4,3*	8,7
Метелиця Харк./Юв. Патона	50,2	57,4	53,8±5,1	9,5
Соборна/Mescal	56,5	53,7	55,1±2,0	3,6
Соборна/Urbanus	50,4	53,4	51,9±2,2	4,2
Соборна/Київська 17	54,0	55,2	54,6±0,8	1,5
Соборна/Лірика Біл.	45,2	50,3	47,8±3,6*	7,4
Соборна/Юв. Патона	46,2	51,5	48,9±3,8*	7,8
Тайра/Mescal	49,7	39,2	44,5±7,4*	16,7
Тайра/Urbanus	60,1	52,0	56,1±5,7*	10,2
Тайра/Київська 17	48,0	58,5	53,2±7,4	13,9
Тайра/Лірика Біл.	54,2	53,0	53,6±0,8	1,5
Тайра/Юв. Патона	49,9	55,9	52,9±4,2	8,0
Стандарти				
Нуасінт	39,1	44,6	41,8±3,9*	9,2
МІП Фортуна	46,0	52,4	49,2±4,5*	9,2
Подольнка	47,7	54,3	51,0±4,7	9,2
Престижна	58,7	66,9	62,8±5,8*	9,2
Смуглянка	45,8	52,2	49,0±4,5*	9,2
Хд	50,8	54,1	52,4	7,5
НІР <sub>05</sub>			3,0	

Примітка. Символом «\*» позначені – статистично значущі відмінності при 95% рівні достовірності.

## Додаток В.8

Характеристика експериментальних гібридів пшениці м'якої озимої за довжиною колоса. ВП НУБіП України “Агрономічна дослідна станція”, 2024–2025 рр.

Довжина колоса, см				
Зразок	2024	2025	$\bar{x} \pm S \bar{x}$	V, %
Гібриди				
Altigo/Mescal	10,3	9,2	9,8±0,8*	7,8
Altigo/Urbanus	8,8	8,3	8,6±0,4*	4,6
Altigo/Київська 17	9,4	8,4	8,9±0,7*	7,6
Altigo/Лірика Біл.	9,3	8,4	8,8±0,6*	7,0
Altigo/Юв. Патона	9,6	8,7	9,2±0,7	7,5
Зореслава/Mescal	10,9	9,8	10,4±0,8*	7,5
Зореслава/Urbanus	10,1	8,9	9,5±0,8	8,7
Зореслава/Київська 17	8,7	9,4	9,1±0,5	5,4
Зореслава/Лірика Біл.	8,7	9,0	8,8±0,2*	2,2
Зореслава/Юв. Патона	10,3	9,9	10,1±0,3*	3,1
Метелиця Харк./Mescal	10,5	9,6	10,1±0,6*	6,2
Метелиця Харк./Urbanus	9,7	10,4	10,1±0,5*	4,6
Метелиця Харк./Київська 17	10,4	9,6	10,0±0,6*	5,7
Метелиця Харк./Лірика Біл.	9,5	9,1	9,3±0,3	3,6
Метелиця Харк./Юв. Патона	11,4	10,3	10,9±0,7*	6,8
Соборна/Mescal	10,5	9,1	9,8±0,9*	9,5
Соборна/Urbanus	7,8	8,3	8,0±0,4*	4,5
Соборна/Київська 17	9,0	8,5	8,8±0,4*	4,0
Соборна/Лірика Біл.	8,3	8,5	8,4±0,2*	2,0
Соборна/Юв. Патона	9,8	9,3	9,5±0,4	3,8
Тайра/Mescal	8,6	9,7	9,2±0,8	8,6
Тайра/Urbanus	8,9	8,6	8,8±0,2*	1,8
Тайра/Київська 17	9,2	8,4	8,8±0,6*	6,6
Тайра/Лірика Біл.	8,8	8,1	8,5±0,5*	5,8
Тайра/Юв. Патона	8,9	9,2	9,1±0,2	2,5
Стандарти				
Нуасінт	9,9	9,7	9,8±0,1*	1,2
МПП Фортуна	9,1	8,9	9,0±0,1	1,2
Подольнка	9,1	9,0	9,1±0,1	1,2
Престижна	10,4	10,2	10,3±0,1*	1,2
Смуглянка	8,6	8,5	8,6±0,1*	1,2
Хд	9,5	9,1	9,3	4,7
НІР <sub>05</sub>			0,3	

Примітка. Символом «\*» позначені – статистично значущі відмінності при 95% рівні достовірності.

## Додаток В.9

Характеристика експериментальних гібридів пшениці м'якої озимої за кількістю колосків в колосі. ВП НУБіП України “Агрономічна дослідна станція”, 2024–2025 рр.

К-сть колосків, шт				
Зразок	2024	2025	$\bar{x} \pm S \bar{x}$	V, %
Гібриди				
Altigo/Mescal	20,1	18,1	19,1±1,4*	7,4
Altigo/Urbanus	17,3	16,4	16,8±0,6	3,9
Altigo/Київська 17	17,7	17,1	17,4±0,4	2,4
Altigo/Лірика Біл.	16,1	16,3	16,2±0,2*	1,1
Altigo/Юв. Патона	20,9	18,8	19,8±1,5*	7,7
Зореслава/Mescal	19,8	18,1	18,9±1,2*	6,5
Зореслава/Urbanus	18,2	17,7	17,9±0,4	2,2
Зореслава/Київська 17	16,0	17,2	16,6±0,9	5,3
Зореслава/Лірика Біл.	16,3	16,1	16,2±0,1*	0,7
Зореслава/Юв. Патона	22,8	16,7	19,7±4,3*	22,0
Метелиця Харк./Mescal	21,9	17,0	19,4±3,4*	17,7
Метелиця Харк./Urbanus	19,5	18,2	18,8±0,9*	4,7
Метелиця Харк./Київська 17	18,7	17,5	18,1±0,8	4,5
Метелиця Харк./Лірика Біл.	17,2	17,7	17,4±0,4	2,0
Метелиця Харк./Юв. Патона	23,6	19,7	21,6±2,7*	12,6
Соборна/Mescal	17,7	16,7	17,2±0,7	3,9
Соборна/Urbanus	15,9	15,3	15,6±0,4*	2,5
Соборна/Київська 17	16,9	15,6	16,2±0,9*	5,4
Соборна/Лірика Біл.	16,0	14,4	15,2±1,1*	7,4
Соборна/Юв. Патона	19,5	17,6	18,5±1,3*	7,3
Тайра/Mescal	16,8	17,5	17,2±0,5	2,9
Тайра/Urbanus	16,7	14,1	15,4±1,9*	12,0
Тайра/Київська 17	16,1	15,1	15,6±0,7*	4,5
Тайра/Лірика Біл.	17,5	15,2	16,3±1,7*	10,2
Тайра/Юв. Патона	18,4	16,1	17,3±1,6	9,4
Стандарти				
Нуасінт	18,3	17,5	17,9±0,6	3,4
МПП Фортуна	17,3	16,5	16,9±0,6	3,4
Подольська	17,4	16,6	17,0±0,6	3,4
Престижна	18,4	17,5	17,9±0,6	3,4
Смуглянка	16,7	15,9	16,3±0,6*	3,4
Хд	18,1	16,8	17,5	6,0
НІР <sub>05</sub>			0,9	

Примітка. Символом «\*» позначені – статистично значущі відмінності при 95% рівні достовірності.

## Додаток В.10

Характеристика експериментальних гібридів пшениці м'якої озимої за кількістю зерен з колоса. ВП НУБіП України "Агрономічна дослідна станція", 2024–2025 рр.

Кількість зерен з колоса, шт				
Зразок	2024	2025	$\bar{x} \pm S \bar{x}$	V, %
Гібриди				
Altigo/Mescal	58,4	58,8	58,6±0,3*	0,5
Altigo/Urbanus	47,1	44,5	45,8±1,9*	4,1
Altigo/Київська 17	47,5	48,5	48,0±0,7*	1,5
Altigo/Лірика Біл.	55,7	53,3	54,5±1,7	3,2
Altigo/Юв. Патона	62,6	56,4	59,5±4,4*	7,4
Зореслава/Mescal	61,8	63,1	62,4±0,9*	1,4
Зореслава/Urbanus	57,0	49,5	53,2±5,3	9,9
Зореслава/Київська 17	44,0	49,6	46,8±4,0*	8,5
Зореслава/Лірика Біл.	51,4	51,5	51,4±0,1	0,1
Зореслава/Юв. Патона	65,7	57,7	61,7±5,7*	9,2
Метелиця Харк./Mescal	59,5	51,9	55,7±5,4	9,7
Метелиця Харк./Urbanus	54,0	62,4	58,2±5,9*	10,2
Метелиця Харк./Київська 17	53,0	54,0	53,5±0,7	1,4
Метелиця Харк./Лірика Біл.	56,1	56,1	56,1±0,0	0,0
Метелиця Харк./Юв. Патона	58,2	59,9	59,1±1,2*	2,0
Соборна/Mescal	53,9	52,2	53,0±1,2	2,3
Соборна/Urbanus	44,6	43,4	44,0±0,8*	1,8
Соборна/Київська 17	46,1	42,6	44,3±2,4*	5,5
Соборна/Лірика Біл.	50,1	49,1	49,6±0,7*	1,4
Соборна/Юв. Патона	54,4	56,9	55,6±1,8	3,2
Тайра/Mescal	44,5	79,7	62,1±24,9*	40,1
Тайра/Urbanus	41,5	48,9	45,2±5,2*	11,6
Тайра/Київська 17	45,2	44,2	44,7±0,7*	1,6
Тайра/Лірика Біл.	52,7	47,8	50,2±3,5	6,9
Тайра/Юв. Патона	51,9	55,0	53,4±2,2	4,2
Стандарти				
Нуасінт	59,6	62,7	61,1±2,2*	3,7
МПП Фортуна	53,0	55,9	54,4±2,0	3,7
Подольнка	45,8	48,2	47,0±1,7*	3,7
Престижна	54,2	57,1	55,6±2,0	3,7
Смуглянка	49,5	52,1	50,8±1,9	3,7
Хд	53,0	54,2	53,6	5,5
НІР <sub>05</sub>			3,5	

Примітка. Символом «\*» позначені – статистично значущі відмінності при 95% рівні достовірності.

## Додаток В.11

Характеристика експериментальних гібридів пшениці м'якої озимої за масою зерен з колоса. ВП НУБіП України “Агрономічна дослідна станція”, 2024–2025 рр.

Маса зерен з колоса, г				
Зразок	2024	2025	$\bar{x} \pm S \bar{x}$	V, %
Гібрид				
Altigo/Mescal	2,7	3,0	2,8±0,2	6,8
Altigo/Urbanus	2,5	2,6	2,5±0,1*	2,8
Altigo/Київська 17	2,9	2,8	2,8±0,1	3,7
Altigo/Лірика Біл.	3,0	2,9	3,0±0,0	1,0
Altigo/Юв. Патона	3,1	3,0	3,1±0,0*	1,6
Зореслава/Mescal	3,1	3,5	3,3±0,3*	9,0
Зореслава/Urbanus	2,9	2,8	2,8±0,0	0,8
Зореслава/Київська 17	1,8	3,0	2,4±0,8*	33,3
Зореслава/Лірика Біл.	2,8	2,9	2,9±0,0	0,8
Зореслава/Юв. Патона	3,9	3,3	3,6±0,4*	11,9
Метелиця Харк./Mescal	3,0	2,9	3,0±0,1	3,5
Метелиця Харк./Urbanus	3,0	3,5	3,2±0,3*	10,1
Метелиця Харк./Київська 17	3,1	3,0	3,1±0,1*	3,6
Метелиця Харк./Лірика Біл.	2,6	2,9	2,8±0,2	8,7
Метелиця Харк./Юв. Патона	2,9	3,4	3,2±0,4*	11,5
Соборна/Mescal	3,0	2,8	2,9±0,2	6,0
Соборна/Urbanus	2,2	2,3	2,3±0,1*	2,3
Соборна/Київська 17	2,5	2,3	2,4±0,1*	4,0
Соборна/Лірика Біл.	2,3	2,5	2,4±0,1*	6,0
Соборна/Юв. Патона	2,5	2,9	2,7±0,3	10,9
Тайра/Mescal	2,2	3,1	2,7±0,6	24,2
Тайра/Urbanus	2,5	2,5	2,5±0,0*	1,4
Тайра/Київська 17	2,2	2,6	2,4±0,3*	12,3
Тайра/Лірика Біл.	2,9	2,5	2,7±0,2	8,4
Тайра/Юв. Патона	2,6	3,1	2,8±0,3	12,2
Стандарт				
Нуасінт	2,3	2,8	2,5±0,4*	13,7
МІП Фортуна	2,4	2,9	2,7±0,4	13,7
Подольнка	2,2	2,6	2,4±0,3*	13,7
Престижна	3,1	3,8	3,5±0,5*	13,7
Смуглянка	2,2	2,7	2,5±0,3*	13,7
Хд	2,7	2,9	2,8	9,0
НІР <sub>05</sub>			0,2	

Примітка. Символом «\*» позначені – статистично значущі відмінності при 95% рівні достовірності.

## Додаток В.12

Характеристика експериментальних гібридів пшениці м'якої озимої за вмістом білку. ВП НУБіП України “Агрономічна дослідна станція”, 2024–2025 рр.

Вміст білку, %				
Зразок	2024	2025	$\bar{x} \pm S \bar{x}$	V, %
Гібриди				
Altigo/Mescal	13,9	16,7	15,3±1,9*	12,7
Altigo/Urbanus	14,7	17,1	15,9±1,7*	10,7
Altigo/Київська 17	13,7	13,7	13,7±0,0	0,1
Altigo/Лірика Біл.	14,8	13,0	13,9±1,3	9,4
Altigo/Юв. Патона	14,5	13,0	13,7±1,1	7,9
Зореслава/Mescal	14,9	11,5	13,2±2,4	18,1
Зореслава/Urbanus	13,5	12,3	12,9±0,8	6,4
Зореслава/Київська 17	13,5	11,8	12,6±1,2	9,6
Зореслава/Лірика Біл.	14,1	12,2	13,1±1,4	10,5
Зореслава/Юв. Патона	13,8	11,7	12,8±1,5	11,6
Метелиця Харк./Mescal	13,3	11,7	12,5±1,1	9,1
Метелиця Харк./Urbanus	13,8	13,1	13,4±0,5	4,0
Метелиця Харк./Київська 17	14,0	12,2	13,1±1,3	10,0
Метелиця Харк./Лірика Біл.	15,9	12,5	14,2±2,4*	16,9
Метелиця Харк./Юв. Патона	14,3	10,8	12,6±2,5	19,7
Соборна/Mescal	12,6	12,5	12,6±0,1	0,5
Соборна/Urbanus	12,9	12,6	12,8±0,2	1,7
Соборна/Київська 17	12,8	11,9	12,3±0,7*	5,3
Соборна/Лірика Біл.	14,9	12,5	13,7±1,7	12,3
Соборна/Юв. Патона	12,4	11,0	11,7±1,0*	8,6
Тайра/Mescal	12,3	12,2	12,2±0,1*	0,9
Тайра/Urbanus	14,6	13,8	14,2±0,6*	4,1
Тайра/Київська 17	12,8	12,2	12,5±0,4	3,2
Тайра/Лірика Біл.	12,9	12,5	12,7±0,3	2,2
Тайра/Юв. Патона	13,0	12,0	12,5±0,7	5,8
Стандарти				
Нуасінт	13,1	15,5	14,3±1,7*	11,9
МІП Фортуна	12,7	12,2	12,4±0,4*	3,2
Подолянка	12,9	12,4	12,7±0,4	3,2
Престижна	15,8	14,5	15,1±0,9*	6,1
Смуглянка	12,9	12,3	12,6±0,4	3,2
Хд	13,7	12,8	13,3	7,5
НІР <sub>05</sub>			0,8	

Примітка. Символом «\*» позначені – статистично значущі відмінності при 95% рівні достовірності.

## Додаток В.13

Характеристика експериментальних гібридів пшениці м'якої озимої за вмістом сирової клейковини. ВП НУБіП України "Агрономічна дослідна станція", 2024–2025 рр.

Вміст сирової клейковини, %				
Зразок	2024	2025	$\bar{x} \pm S \bar{x}$	V, %
Гібриди				
Altigo/Mescal	26,6	31,0	28,8±3,1*	10,8
Altigo/Urbanus	29,0	32,6	30,8±2,5*	8,3
Altigo/Київська 17	27,5	28,9	28,2±1,0	3,5
Altigo/Лірика Біл.	28,6	27,6	28,1±0,7	2,5
Altigo/Юв. Патона	26,5	27,8	27,2±0,9	3,4
Зореслава/Mescal	28,9	26,7	27,8±1,6	5,6
Зореслава/Urbanus	27,9	28,3	28,1±0,3	1,0
Зореслава/Київська 17	27,5	26,6	27,1±0,6	2,4
Зореслава/Лірика Біл.	27,6	27,7	27,7±0,1	0,3
Зореслава/Юв. Патона	27,2	26,5	26,9±0,5*	1,8
Метелиця Харк./Mescal	26,7	26,7	26,7±0,0*	0,0
Метелиця Харк./Urbanus	28,0	29,0	28,5±0,7	2,5
Метелиця Харк./Київська 17	27,9	27,1	27,5±0,6	2,1
Метелиця Харк./Лірика Біл.	29,0	27,3	28,2±1,2	4,3
Метелиця Харк./Юв. Патона	27,9	25,0	26,5±2,1*	7,8
Соборна/Mescal	25,7	27,2	26,5±1,1*	4,0
Соборна/Urbanus	26,9	26,8	26,9±0,1*	0,3
Соборна/Київська 17	25,9	26,3	26,1±0,3*	1,1
Соборна/Лірика Біл.	28,3	27,6	28,0±0,5	1,8
Соборна/Юв. Патона	25,2	25,8	25,5±0,4*	1,7
Тайра/Mescal	25,7	27,7	26,7±1,4*	5,3
Тайра/Urbanus	29,7	30,4	30,1±0,5*	1,6
Тайра/Київська 17	26,1	27,3	26,7±0,8*	3,2
Тайра/Лірика Біл.	26,6	27,2	26,9±0,4*	1,6
Тайра/Юв. Патона	26,7	27,4	27,1±0,5	1,8
Стандарти				
Нуасінт	29,3	32,6	30,9±2,3*	7,6
МПФ Фортуна	26,7	27,8	27,2±0,8	2,9
Подольська	26,3	27,4	26,8±0,8*	2,9
Престижна	30,0	31,2	30,6±0,9*	2,9
Смуглянка	27,0	28,2	27,6±0,8	2,9
Хд	27,5	28,0	27,7	3,2
НІР <sub>05</sub>			0,8	

Примітка. Символом «\*» позначені – статистично значущі відмінності при 95% рівні достовірності.

## Додаток В.14

Характеристика експериментальних гібридів пшениці м'якої озимої за врожайністю. ВП НУБіП України “Агрономічна дослідна станція”, 2024–2025 рр.

Врожайність, т/га				
Зразок	2024	2025	$\bar{x} \pm S \bar{x}$	V, %
Гібриди				
Altigo/Mescal	8,3	3,9	6,1±3,1*	50,8
Altigo/Urbanus	8,0	5,2	6,6±2,0*	29,6
Altigo/Київська 17	11,7	6,1	8,9±4,0	45,2
Altigo/Лірика Біл.	13,2	3,8	8,5±6,7	78,6
Altigo/Юв. Патона	9,7	6,8	8,2±2,1	25,1
Зореслава/Mescal	12,9	11,9	12,4±0,7*	5,6
Зореслава/Urbanus	13,4	8,5	10,9±3,5*	31,6
Зореслава/Київська 17	7,4	8,4	7,9±0,7	9,4
Зореслава/Лірика Біл.	5,5	8,6	7,1±2,2	30,7
Зореслава/Юв. Патона	9,7	11,1	10,4±1,0*	9,7
Метелиця Харк./Mescal	13,6	11,0	12,3±1,8*	14,9
Метелиця Харк./Urbanus	12,3	7,5	9,9±3,3	33,8
Метелиця Харк./Київська 17	12,4	7,0	9,7±3,8	39,5
Метелиця Харк./Лірика Біл.	8,1	7,6	7,8±0,4	4,6
Метелиця Харк./Юв. Патона	11,3	8,6	9,9±1,9	19,1
Соборна/Mescal	12,7	6,6	9,7±4,3	44,5
Соборна/Urbanus	7,5	4,7	6,1±2,0*	32,8
Соборна/Київська 17	9,5	6,2	7,8±2,3	29,7
Соборна/Лірика Біл.	9,7	6,7	8,2±2,1	26,0
Соборна/Юв. Патона	8,4	6,0	7,2±1,7	23,2
Тайра/Mescal	13,1	8,8	11,0±3,0*	27,6
Тайра/Urbanus	12,3	8,6	10,5±2,6*	24,6
Тайра/Київська 17	4,5	9,7	7,1±3,7	51,6
Тайра/Лірика Біл.	8,6	8,6	8,6±0,0	0,1
Тайра/Юв. Патона	8,3	6,9	7,6±1,0	12,9
Стандарти				
Нуасінт	4,0	3,8	3,9±0,2*	5,0
МІП Фортуна	9,9	9,2	9,5±0,5	5,0
Подольянка	7,1	6,7	6,9±0,3	5,0
Престижна	9,6	9,0	9,3±0,5	5,0
Смуглянка	7,8	7,3	7,5±0,4	5,0
Хд	9,6	7,5	8,5	23,6
НІР <sub>05</sub>			1,6	

Примітка. Символом «\*» позначені – статистично значущі відмінності при 95% рівні достовірності.

## Додаток Г

Оцінка ефектів ЗКЗ ліній і тестерів.

ВП НУБіП України “Агрономічна дослідна станція”, 2024–2025 рр.

Зразок	Висота рослин	Дата колосіння	Ураження збудником септоріозу	Ураження збудником борошнистої роси	Довжина колоса	Кількість колосків в колосі	Кількість зерен з колоса	Маса зерен з колоса	Маса 1000 зерен	Вміст білку	Вміст сирової клейковини	Коефіцієнт продуктивного кущення	Врожайність
Altigo	-6,16*	0,86*	1,90	-5,00*	-0,25*	0,33*	0,20	0,04	0,75*	1,29*	1,09*	-0,16	-1,15*
Зореслава	3,74*	0,46	-5,60*	-2,00	0,28*	0,33*	2,05*	0,18*	0,91*	-0,27*	-0,03	-0,16	0,91*
Метелиця Харківська	-0,86	1,06*	15,90*	5,50*	0,78*	1,54*	3,44*	0,24*	0,83*	-0,05	-0,06	0,09	1,11*
Соборна	-1,06*	-1,14*	-10,10*	-4,00*	-0,37*	-1,00*	-3,75*	-0,27*	-1,46*	-0,59*	-0,95*	0,01	-1,01*
Тайра	4,34*	-1,24*	-2,10	5,50*	-0,44*	-1,20*	-1,93*	-0,19*	-1,04*	-0,38*	-0,04	0,21*	0,13
Mescal	-3,16*	1,86*	1,40	-6,50*	0,55*	0,82*	5,30*	0,12*	-2,37*	-0,05	-0,23*	0,31*	1,47*
Urbanus	-2,66*	-0,64*	5,90*	3,00	-0,30*	-0,64*	-3,78*	-0,12*	1,52*	0,63*	1,34*	0,03	0,00
Київська 17	0,54	-1,04*	-6,10*	11,50*	-0,18*	-0,76*	-5,61*	-0,19*	1,88*	-0,35*	-0,41*	-0,08	-0,53*
Лірика Біл.	2,64*	-1,64*	-4,60*	-2,00	-0,52*	-1,28*	-0,70	-0,08*	-0,96*	0,32*	0,23*	-0,17	-0,79*
Ювілейна Патона	2,64*	1,46*	3,40*	-6,00*	0,45*	1,85*	4,79*	0,27*	-0,06	-0,56*	-0,92*	-0,10	-0,14
НІР <sub>05</sub>	0,94	0,48	2,56	3,50	0,09	0,26	0,96	0,05	0,74	0,21	0,19	0,17	0,46

Примітка. Символом «\*» позначені – статистично значущі відмінності при 95% рівні достовірності.

## Додаток Д.1

Оцінка ефектів СКЗ у гетерозисних гібридів за висотою рослин.

ВП НУБіП України “Агрономічна дослідна станція”, 2024–2025 рр.

Лінії	Тестери					Варіанса ліній $\delta^2_{si}$
	Mescal	Urbanus	Київська 17	Лірика Білоцерківська	Ювілейна Патона	
Altigo	-4,64*	0,86	2,16*	2,06	-0,44	6,86
Зореслава	-4,04*	3,96*	-0,24	-3,34*	3,66*	13,17*
Метелиця Харківська	5,06*	-3,44*	-2,64*	3,76*	-2,74*	15,53*
Соборна	-0,74	0,26	2,06	-1,04	-0,54	0,58
Тайра	4,36*	-1,64	-1,34	-1,44	0,06	5,41
Варіанса тестерів $\delta^2_{sj}$	19,77*	6,77	3,45	7,19	4,37	
НІР <sub>05</sub>	2,11					
x $\delta^2_{si}$	8,31					
x $\delta^2_{sj}$	8,31					

Примітка. Символом «\*» позначені – статистично значущі відмінності при 95% рівні достовірності.

## Додаток Д.2

Оцінка ефектів СКЗ у гетерозисних гібридів за датою колосіння.

ВП НУБіП України “Агрономічна дослідна станція”, 2024–2025 рр.

Лінії	Тестери					Варіанса ліній $\delta^2_{si}$
	Mescal	Urbanus	Київська 17	Лірика Білоцерківська	Ювілейна Патона	
Altigo	1,14*	-0,36	-0,46	-0,36	0,04	0,18*
Зореслава	-0,96	0,04	0,44	0,54	-0,06	0,09*
Метелиця Харківська	-0,56	0,44	-0,16	-0,56	0,84	0,13*
Соборна	0,14	-0,36	-0,46	0,64	0,04	-0,07
Тайра	0,24	0,24	0,64	-0,26	-0,86	0,07
Варіанса тестерів $\delta^2_{sj}$	0,39*	-0,13	0,00	0,04	0,10*	
НІР <sub>05</sub>	1,08					
x $\delta^2_{si}$	0,08					
x $\delta^2_{sj}$	0,08					

Примітка. Символом «\*» позначені – статистично значущі відмінності при 95% рівні достовірності.

## Додаток Д.3

Оцінка ефектів СКЗ у гетерозисних гібридів за ураженням септоріозом.

ВП НУБіП України “Агрономічна дослідна станція”, 2024–2025 рр.

Лінії	Тестери					Варіанса ліній $\delta^2si$
	Mescal	Urbanus	Київська 17	Лірика Білоцерківська	Ювілейна Патона	
Altigo	-1,40	-5,90*	-3,90	-0,40	11,60*	39,45
Зореслава	16,10*	-3,40	-1,40	-10,40*	-0,90	88,20*
Метелиця Харківська	-0,40	-4,90	2,10	0,60	2,60	1,70
Соборна	-11,90*	6,10*	8,10*	6,60*	-8,90*	84,57*
Тайра	-2,40	8,10*	-4,90	3,60	-4,40	24,70
Варіанса тестерів $\delta^2sj$	94,95*	36,07	20,57	34,07	52,95*	
НІР <sub>05</sub>	5,72					
$x \delta^2si$	47,72					
$x \delta^2sj$	47,72					

Примітка. Символом «\*» позначені – статистично значущі відмінності при 95% рівні достовірності.

## Додаток Д.4

Оцінка ефектів СКЗ у гетерозисних гібридів за ураженням борошністою.

ВП НУБіП України “Агрономічна дослідна станція”, 2024–2025 рр.

Лінії	Тестери					Варіанса ліній $\delta^2si$
	Mescal	Urbanus	Київська 17	Лірика Білоцерківська	Ювілейна Патона	
Altigo	0,00	-4,50	-3,00	3,00	4,50	1,11
Зореслава	7,00	-7,50	-6,00	2,50	4,00	27,36
Метелиця Харківська	-0,50	-10,00*	-3,5,00	5,00	9,00*	41,11
Соборна	4,00	9,50*	-1,50	-5,50	-6,50	31,74
Тайра	-10,50*	12,50*	14,00*	-5,00	-11,00*	138,61*
Варіанса тестерів $\delta^2sj$	30,36	92,24*	50,36*	10,36	56,61*	
НІР <sub>05</sub>	7,82					
$x \delta^2si$	47,99					
$x \delta^2sj$	47,99					

Примітка. Символом «\*» позначені – статистично значущі відмінності при 95% рівні достовірності.

## Додаток Е

## Конкурсний гетерозис.

ВП НУБіП України “Агрономічна дослідна станція”, 2024–2025 рр.

Гібрид	Висота рослин	Дата колосіння	Ураження збудником борошністої роси	Ураження збудником септоріозу	Маса 1000 зерен	Довжина колоса	К-сть колосків	К-сть зерен в колосі	Маса зерен з колосу	Вміст білку	Вміст сирого клейковини	Коефіцієнт продуктивного куцання	Врожайність
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Altigo/Mescal	12,1	4,3	0,0	-3,0	-23,1	-5,5	6,4	-12,6	-18,5	-2,3	-8,0	-34,5	-37,0
Altigo/Urbanus	20,4	1,5	50,0	7,4	-11,1	-17,1	-6,3	-31,6	-26,3	1,7	-1,5	-31,4	-30,8
Altigo/Київська 17	26,7	1,1	150,0	-29,6	-5,3	-13,8	-2,9	-28,5	-17,7	-12,5	-9,7	-20,6	-7,6
Altigo/Лірика Білоцерківська	29,7	0,8	700,0	-11,1	-13,1	-14,5	-9,7	-18,7	-14,1	-11,3	-9,9	-32,7	-12,8
Altigo/Ювілейна Патона	26,0	3,2	50,0	42,2	-17,2	-11,2	10,5	-11,1	-10,7	-12,3	-13,1	-28,1	-13,9
Зореслава/Mescal	26,7	2,5	100,0	23,7	-16,5	0,7	5,5	-6,9	-5,7	-15,7	-10,7	-17,9	29,8
Зореслава/Urbanus	38,8	1,5	50,0	-11,1	-14,7	-8,0	0,0	-20,4	-17,7	-17,5	-10,0	-20,0	13,9
Зореслава/Київська 17	37,3	1,5	150,0	-43,0	-19,5	-12,1	-7,4	-30,3	-31,8	-19,2	-13,2	-32,3	-17,1
Зореслава/Лірика Білоцерківська	36,0	1,1	100,0	-63,0	-11,2	-14,5	-9,8	-23,3	-17,3	-16,2	-11,4	-38,1	-25,3
Зореслава/Ювілейна Патона	45,8	2,9	1155,0	-16,3	-7,6	-2,4	9,7	-7,8	4,2	-18,6	-13,9	-23,1	9,4
Метелиця Харківська/Mescal	33,1	3,2	100,0	42,2	-14,8	-2,3	8,1	-16,8	-13,8	-20,1	-14,4	-8,3	28,4
Метелиця Харківська/Urbanus	21,8	2,2	100,0	42,2	-10,7	-2,4	5,0	-13,3	-6,5	-14,2	-8,7	-31,3	3,2
Метелиця Харківська/Київська 17	27,5	1,5	250,0	28,9	-8,4	-3,2	0,8	-20,2	-11,3	-16,5	-11,8	-23,1	0,7
Метелиця Харківська/Лірика Біл.	39,5	0,8	200,0	28,9	-21,2	-9,8	-2,9	-16,3	-20,1	-9,3	-9,7	-31,7	-17,9
Метелиця Харківська/Юв. Патона	30,5	3,9	200,0	60,7	-14,2	5,2	20,4	-11,9	-8,4	-19,9	-15,0	-18,3	4,0

## Продовження Додатку Е

Гібрид	Висота рослин	Дата колосіння	Ураження збудником борошністої роси	Ураження збудником септоріозу	Маса 1000 зерен	Довжина колоса	К-сть колосків	К-сть зерен в колосі	Маса зерен з колосу	Вміст білку	Вміст сирової клейковини	Коефіцієнт продуктивного кушення	Врожайність
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Соборна/Mescal	24,7	2,2	50,0	-63,0	-11,7	-5,1	-4,2	-20,9	-14,9	-19,7	-15,3	-15,5	0,6
Соборна/Urbanus	26,8	0,1	200,0	7,4	-17,1	-22,0	-13,1	-34,4	-34,0	-18,5	-13,9	-33,9	-36,3
Соборна/Київська 17	34,0	-0,3	800,0	-29,6	-12,7	-15,0	-9,5	-33,8	-29,7	-21,1	-16,4	-16,7	-18,3
Соборна/Лірика Білоцерківська	32,5	0,1	0,0	-29,6	-23,9	-18,3	-15,3	-26,0	-31,6	-12,5	-10,4	-22,3	-14,5
Соборна/Ювілейна Патона	33,1	1,8	-45,0	-44,4	-22,1	-7,8	3,1	-17,1	-21,7	-25,3	-18,3	-33,1	-24,9
Тайра/Mescal	39,6	2,2	0,0	-11,1	-28,3	-11,2	-4,3	-8,0	-23,9	-21,9	-14,5	-20,4	14,6
Тайра/Urbanus	31,8	0,4	2300,0	28,9	-9,8	-15,1	-14,5	-32,7	-27,0	-9,3	-3,7	-3,2	9,2
Тайра/Київська 17	36,7	0,4	1950,0	-43,0	-15,4	-14,9	-13,0	-33,3	-31,6	-20,0	-14,5	-28,1	-24,4
Тайра/Лірика Білоцерківська	39,5	-0,6	100,0	-5,9	-14,2	-18,1	-9,1	-25,0	-21,5	-18,8	-13,8	-15,0	-10,0
Тайра/Ювілейна Патона	41,6	1,1	0,0	-11,1	-15,7	-12,2	-3,9	-20,3	-18,6	-20,2	-13,3	-29,8	-20,6

**СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ****Стаття у періодичному науковому виданні,  
проіндексованому у міжнародній наукометричній базі даних Scopus**

1. **Rakov A.**, Dmytrenko Y., Spriazhka R., Zaika Y. The starting material is the basis of heterotic wheat breeding. *Agronomy Research*. 2025. Vol. 23 (3). P. 1657–1671. *(Rakov A. виконано експериментальну частину дослідження, проведено оцінку вихідного матеріалу для гетерозисної селекції пшениці, здійснено статистичну обробку отриманих даних, сформульовано мету, наукову новизну та висновки дослідження, підготовлено рукопис до друку. Dmytrenko Y. здійснено постановку наукової проблеми, наукове керівництво дослідженням, перевірено науковий зміст рукопису, підготовлено англomовну версію статті до друку та погоджено остаточний варіант публікації. Spriazhka R. надано консультаційну допомогу щодо представлення та оформлення результатів досліджень відповідно до міжнародних вимог наукових видань. Zaika Y. проведено додатковий пошук і аналіз наукових джерел, а також уніфікацію наукової термінології, використаної в рукописі).*

**Статті у наукових виданнях,****включених до Переліку наукових фахових видань України:**

2. **Раков А. Ю.**, Дмитренко Ю. М. Комбінаційна здатність батьківських компонентів гібридів пшениці озимої за господарсько-цінними ознаками. *Сільське господарство та рослинництво: теорія і практика*. 2025. № 3. С. 108–117. *(Раковим А. Ю. проведено польові та лабораторні дослідження, визначено комбінаційну здатність батьківських компонентів, виконано статистичний аналіз результатів, сформульовано наукову новизну, практичне значення та висновки, підготовлено рукопис до друку. Дмитренко Ю. М. здійснено постановку наукового завдання,*

наукове консультування під час виконання досліджень, перевірено достовірність отриманих результатів, відредаговано текст статті та узгоджено остаточний варіант публікації).

3. Дмитренко Ю. М., Жемойда В. Л., Башкірова Н. В., Заїка Є. В., **Раков А. Ю.** Стан та перспективи розвитку гетерозисної селекції пшениці м'якої озимої. Аграрні інновації. 2025. Вип. 31. С. 172–179. (Раковим А. Ю. проведено аналіз сучасного стану гетерозисної селекції пшениці м'якої озимої, здійснено пошук, добір та систематизацію наукових джерел, підготовлено основну частину рукопису до друку. Дмитренко Ю. М. забезпечено загальне наукове керівництво підготовкою публікації, перевірено наукову обґрунтованість матеріалу та затверджено остаточний варіант рукопису. Жемойдою В. Л. надано консультативну допомогу щодо інтерпретації результатів досліджень у галузі селекції пшениці. Башкіровою Н. В. проведено наукове редагування розділу, присвяченого типам цитоплазматичної чоловічої стерильності у пшениці. Заїкою Є. В. здійснено добір додаткових літературних джерел та їх аналіз з питань гетерозису).

#### **Тези наукових доповідей**

4. **Раков А. Ю.**, Дмитренко Ю. М. Оцінка зимостійкості батьківських компонентів гібридів пшениці м'якої озимої. Продовольча та екологічна безпека в умовах війни та повоєнної відбудови: виклики для України та світу: Міжнародні науково-практична конференція, м. Київ, 25 травня 2023 року: тези доповіді. Київ, 2023. С. 628. (Раковим А. Ю. проведено оцінку зимостійкості батьківських компонентів гібридів пшениці м'якої озимої, виконано аналіз отриманих результатів, підготовлено тези доповіді. Дмитренко Ю. М. здійснено наукове консультування, перевірено достовірність результатів досліджень, відредаговано текст та погоджено остаточний варіант матеріалів).

5. **Раков А. Ю.**, Дмитренко Ю. М. Підбір колекційних зразків для створення батьківських компонентів гібридів пшениці озимої. Післявоєнне відновлення ґрунтових і рослинних ресурсів та продовольча безпека країни: Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 20–21 червня 2024 року: тези доповіді.

Київ, 2024. С. 176. *(Раковим А. Ю. проведено добір та оцінку колекційних зразків пшениці, здійснено аналіз вихідного матеріалу для гетерозисної селекції, підготовлено тези доповіді. Дмитренко Ю. М. здійснено постановку завдання дослідження, надано методичні рекомендації щодо оцінки селекційного матеріалу, відредаговано та погоджено остаточний текст).*

**6. Раков А. Ю.,** Дмитренко Ю. М. Характеристика батьківських компонентів і гібридів пшениці м'якої озимої за стійкістю проти листових хвороб. Освіта і наука в умовах викликів і загроз. Внесок молодих вчених в сталий розвиток: Міжнародна наукова конференція, м. Київ, 21–22 листопада 2024 року: тези доповіді. Київ, 2024. С. 215. *(Раковим А. Ю. проведено оцінку батьківських компонентів та гібридів пшениці за стійкістю проти листових хвороб, проаналізовано результати досліджень, підготовлено тези доповіді. Дмитренко Ю. М. здійснено наукове консультування щодо інтерпретації результатів, перевірено науковий зміст матеріалів та погоджено остаточний варіант).*

**7. Раков А.,** Дмитренко Ю. Застосування кластерного аналізу для ідентифікації гетерогенних груп пшениці з метою гетерозисної селекції. Продовольча безпека України. Збереження та відновлення ґрунтових і рослинних ресурсів: Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 22 травня 2025 року: тези доповіді. Київ, 2025. С. 204. *(Раковим А. Ю. виконано кластерний аналіз селекційного матеріалу пшениці, здійснено інтерпретацію отриманих результатів та підготовлено тези доповіді. Дмитренко Ю. М. надано консультаційну допомогу щодо застосування статистичних методів у селекційних дослідженнях, відредаговано та погоджено остаточний текст матеріалів).*

**8. Раков А. Ю.,** Дмитренко Ю. М. Оцінка прояву гетерозису у гібридів пшениці м'якої озимої. Теоретичні засади інноваційного розвитку рослинництва: Міжнародна науково-практична інтернет-конференція, м. Харків, 20 жовтня 2025 року: тези доповіді. Харків, 2025. С. 86–88. *(Раковим А. Ю. проведено оцінку прояву гетерозису у гібридів пшениці м'якої озимої, виконано аналіз отриманих даних, сформульовано висновки та підготовлено тези доповіді. Дмитренко Ю. М.*

*здійснено наукове керівництво дослідженням, перевірено обґрунтованість висновків, відредаговано та погоджено остаточний варіант матеріалів).*