

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кваліфікаційна наукова праця  
на правах рукопису

**СЛІДЕНКО СЕРГІЙ ІГОРОВИЧ**

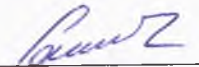
УДК: 631.527.581.143:633.11

**СТВОРЕННЯ ЗРАЗКІВ ЗІ ЗМІНЕНОЮ АРХІТЕКТОНІКОЮ РОСЛИН  
ЖИТА ОЗИМОГО ЗА ВНУТРІШНЬОВИДОВОЇ ГІБРИДИЗАЦІЇ**

201 – Агрономія

20 Аграрні науки та продовольство

Подається на здобуття ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело  С. І. Сліденко

Науковий керівник – Рябовол Ярослав Сергійович, доктор сільськогосподарських наук, доцент

Умань – 2026

## АНОТАЦІЯ

*Сліденко С. І.* Створення зразків зі зміною архітектонікою рослин жита озимого за внутрішньовидової гібридизації. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 Агрономія (20 Аграрні науки та продовольство). Уманський національний університет, Умань, 2026 р.

У дисертаційній роботі науково обґрунтовано та розроблено нові селекційні регламенти, спрямовані на оптимізацію процесів контрольованої гібридизації та добору генетичних донорів за урахування особливостей спадковості господарсько цінних ознак і закономірностей мінливості, що забезпечує формування високопродуктивного вихідного матеріалу для створення сортів-синтетиків і гетерозисних гібридів жита озимого.

У процесі досліджень підтверджено, що зміна архітектоніки рослин культури є ефективним селекційно-генетичним інструментом формування нових морфобіологічних ознак та оптимізації фенотипової і генотипової структури популяцій, спрямованих на підвищення реалізації продукційного потенціалу рослин жита озимого.

Доведено, що за ведення гетерозисної селекції жита озимого для ідентифікації селекційного матеріалу доцільно використовувати генетичні маркери, що дає змогу ефективно визначати чистоту матеріалу до цвітіння за його фенотиповими проявами. Ідентифіковано гени, що можуть слугувати маркерами для генотипового скринінгу вихідного матеріалу на різних фазах онтогенезу жита озимого.

Встановлено, що гени  $L_n/l_n$  «зелені/світлі вузли рослин» і  $R_p/r_p$  «пласка/гофрована поверхня листка» можуть використовуватись ефективними генетичними маркерами для візуальної ідентифікації ознаки «стерильність–фертильність» і «гібридність» рослин жита озимого. Підтверджено, що ознака «зелені/світлі вузли стебла» та «пласка/гофрована поверхня листка» контролюються моногенно. Ген  $L_n/l_n$  успадковується за

типом повного домінування, а ген  $Rp/rp$  – не повного домінування за формування у гетерозигот проміжної ознаки.

Підтверджено, що залучення до схем гібридизації еколого-географічно віддалених форм, зокрема іноземних гібридів, забезпечує реалізацію рекомбінативної мінливості та дає змогу отримати вихідний селекційний матеріал жита озимого з модифікованою архітектонікою рослини і підвищеним рівнем індивідуальної продуктивності. З'ясовано, що створений зразок 1731-9 характеризується високим рівнем продуктивної кущистості, формуючи до восьми колосоносних стебел на одну рослину, а зразок 1744-2 вирізняється середньою довжиною колосу на рівні 10,0 см та формуванням понад 57 зерен на суцвіття. Сукупність зазначених ознак обґрунтовує доцільність використання цих генотипів вихідним селекційним матеріалом у схемах гібридизації зі створення нових форм жита озимого.

Проведено оцінку відновлювальної здатності створених кандидатів у відновлювачі фертильності жита озимого. З'ясовано, що за використання у селекційних схемах батьківською формою зразків 1719-3 (98,3 %), 1744-2 (98,1 %), 1742-5 (97,9 %) і 1714-1 (97,5 %), забезпечується високий рівень відновлення фертильності гібридного матеріалу.

Проаналізовано загальну та специфічну комбінаційну здатність ліній-відновлювачів фертильності за показниками продуктивності та встановлено, що зразки 1714-1, 1719-3, 1731-9, 1742-5 та 1744-2 вирізняються стабільно високими ефектами комбінаційної здатності, а це обґрунтовує доцільність їх використання батьківськими компонентами за створення гетерозисних гібридів  $F_1$  і сортів-синтетиків жита озимого.

У результаті оцінювання специфічної комбінаційної здатності за урожайністю та окремими показниками якості зерна ідентифіковано перспективні генотипи 1705-6, 1712-1, 1730-2, 1740-4, 1741-1, 1753-2, 1754-1 і 1755-2, що, після додатково селекційного добору, можуть ефективно використовуватися відновлювачами фертильності в селекційних програмах створення гетерозисних гібридів.

Зразки жита озимого 1714-1, 1719-3, 1731-9, 1742-5, 1744-2, що вирізняються високою загальною комбінаційною здатністю, доцільно залучати до схем гібридизації з отримання сортів-синтетиків.

Отримані лінії-відновлювачі фертильності жита озимого комплексно проаналізовано за рівнем стійкості до хвороб, і підтверджено їх резистентність до окремих локальних рас фітопатогенів. Встановлено, що лінія 1731-9 є ефективним донором генів стійкості до фузаріозу колоса, зразок 1744-2 – до септоріозу, а лінії 1742-5 і 1744-2 – до збудників борошнистої роси, бурої та стеблової іржі.

Зі створених ліній-відновлювачі фертильності з високою загальною комбінаційною здатністю за показниками продуктивності та ефективної рекомбінації генетичного матеріалу в межах популяції сформовано високопродуктивну синтетичну популяцію 23/5 (урожайність – 6,6 т/га, вміст білка в зерні – 11,3 %).

Встановлено, що за оптимального добору компонентів синтетичної популяції, незалежно від тривалості її репродукування, матеріал характеризується стабільно високим рівнем продуктивності. Під впливом факторів навколишнього природного середовища спостерігається варіабельність реалізації генетичного потенціалу популяції в межах норми реакції. Негативний вплив біотичних і абіотичних чинників може бути нівельований при залученні до складу синтетичної популяції генотипів, стійких до стресових умов вирощування, що забезпечує підвищення адаптивності та стабільності прояву господарсько-цінних ознак.

Сформовано генетичну колекцію зразків жита озимого, що можуть використовуватись донорами генів відновлення фертильності (1719-3 (98,3 %), 1744-2 (98,1 %), 1742-5 (97,9 %) і 1714-1 (97,5 %)), маркерних ознак «світлі вузли стебла» (1620-5) і «гофрована поверхня листової пластинки» (1560-8), високої продуктивної куцистості (1731-9), довжини колосу до 10,0 см (1744-2) тощо. Створені селекційні матеріали доцільно використовувати в схемах гібридизації донорами генів цінних господарських ознак, що

сприятиме отриманню нового вихідного матеріалу та на його основі високопродуктивних сортів і гібридів культури.

Результати економічного аналізу підтверджують високий рівень рентабельності (229–272 %) вирощування жита озимого, зокрема створений синтетичний сорт 23/5, що науково обґрунтовує доцільність створення та впровадження у сільськогосподарське виробництво сортів-синтетиків і гетерозисних гібридів культури, адаптованих до ґрунтово-кліматичних умов Правобережного Лісостепу України.

***Ключові слова:** жито озиме, гібридизація, вихідний матеріал, гібрид, сорт, панміктична популяція, батьківські компоненти, лінії-відновлювачі фертильності, зразок, комбінаційна здатність, гетерозис, господарсько-цінні ознаки, донори генів, маркерна ознака, насіння, урожайність, вміст білка.*

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### *Статті у наукових виданнях, включених*

#### *до Міжнародних наукометричних баз Scopus та Web of Science*

1. Novak Z. M., Riabovol L. O., Novak A. V., Liubchenko A. I., Liubchenko I. O., Diordiieva I. P., Synook I. V., Kulyk V. P., Fedorenko S. V., **Slidenko S. I.** Drought tolerance of developed wheat genotypes based on early diagnostics. Regulatory Mechanisms in Biosystems. 2025. 16(4), e25179. doi:10.15421/0225179

### *Статті у наукових фахових виданнях України*

2. Рябовол Я. С., Рябовол Л. О., **Сліденко С. І.** Оцінка створених інбредних ліній жита озимого за основними господарсько-цінними ознаками. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. РВВ Уманського НУС, 2024. Вип. 105. Ч. 1. : Сільськогосподарські науки. С. 112–117. DOI: [10.32782/2415-8240-2024-105-1-112-118](https://doi.org/10.32782/2415-8240-2024-105-1-112-118)
3. Рябовол Я. С., **Сліденко С. І.** Оцінка резистентності до хвороб створених зразків жита озимого. *Збірник наукових праць*. Агробіологія, Білоцерківський національний аграрний університет. Біла Церква: БНАУ, 2025. № 1 (195). С. 153–162. DOI: [10.33245/2310-9270-2025-195-1-153-161](https://doi.org/10.33245/2310-9270-2025-195-1-153-161).

4. Рябовол Я. С., Сліденко С. І. [Оцінка загальної комбінаційної здатності створених інбредних ліній жита озимого](#). *Збірник наукових праць Уманського НУ*. РВВ Уманського НУ, 2025. Вип. 106. Ч. 1. : Сільськогосподарські науки. С. 74–81. DOI: [10.32782/2415-8240-2025-106-1-74-81](#).
5. Сліденко С. І., Рябовол Я. С. Аналіз господарсько-цінних ознак створеної синтетичної популяції жита озимого. *Збірник наукових праць Уманського НУ*. РВВ Уманського НУ, 2025. Вип. 107. Ч. 1. : Сільськогосподарські науки. С. 109–115. DOI: [10.32782/2415-8240-2025-107-1-109-115](#)  
*Наукові праці, що засвідчують апробацію матеріалів дисертації*
6. Рябовол Я. С., Рябовол Л. О., Сліденко С. І., Ненька О. В. Адаптація клонованого матеріалу жита озимого за перенесення з ізолюваної культури в умови ex vitro. Матеріали XII Міжнародної наукової конференції «Селекційно-генетична наука і освіта» (Парієві читання). (20–22 березня 2023 р.). Умань: ВПЦ«Візаві». 2023. С. 219–221.
7. Рябовол Я. С., Рябовол Л. О., Сліденко С. І., Ненька О. В., Канак О. В. Створення банку вихідного матеріалу жита озимого за використання культури in vitro. Матеріали VIII Всеукраїнської науково-практичної конференції «Генетика і селекція в сучасному агрокомплексі» Умань, 2023. С. 152–153.
8. Рябовол Л. О., Рябовол Я. С., Сліденко С. І. Умови формування морфогенної калюсної біомаси жита озимого. Матеріали XIII Міжнародної наукової конференції «Селекційно-генетична наука і освіта» (Парієві читання). (18–20 березня 2024 р.). Умань: ВПЦ«Візаві». 2024. С. 142–144.
9. Рябовол Я. С., Рябовол Л. О., Сліденко С. І., Царук А. Б. Відбір та апробація перспективних ліній для селекційного процесу жита озимого. Матеріали IX Всеукраїнської науково-практичної конференції «Генетика і селекція в сучасному агрокомплексі» Умань, 2024. С. 133–135.
10. Рябовол Я. С., Рябовол Л. О., Сліденко С. І. Генетичні ресурси вихідного

- матеріалу в селекції жита озимого. Матеріали XIII Міжнародної науково-практичної конференції «Наукові засади підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва». (29 листопада 2024 р.). Харків: ДБТУ. 2024. С. 270–272.
11. Рябовол Я., Рябовол Л., **Сліденко С.**, Хоменко С. Аналіз інбредних ліній жита озимого на загальну комбінаційну здатність. Матеріали XIV Міжнародної наукової конференції «Селекційно-генетична наука і освіта» (Парієві читання). (19–21 березня 2025 р.). Умань: ВПЦ«Візаві». 2025. С. 112–114.
12. Рябовол Я. С., Рябовол Л. О., **Сліденко С. І.** Використання маркерних генів за ведення гетерозисної селекції жита озимого. Матеріали Міжнародної інтернет-конференції «Наукове забезпечення виробництва конкурентоспроможної сільськогосподарської продукції в умовах формування екологічностійких агроландшафтів»: збірник тез міжнародної інтернет-конференції, 17 червня 2025 р. / М-во освіти і науки, Уманський НУ [та ін.], за заг. Ред. Щетини С.В. Умань, 2025. С. 122–123.
13. Рябовол Я. С., **Сліденко С. І.**, Рябовол Л. О. Вихідний матеріал в селекції жита озимого. Матеріали X Всеукраїнської науково-практичної конференції «Генетика і селекція в сучасному агрокомплексі» Умань, 2025. С. 118–120.

### *Патенти*

14. Рябовол Л. О., Рябовол Я. С., **Сліденко С. І.**, Діордієва І. П. Патент на корисну модель № 161581 від 18.12.2025 р. (Україна). Спосіб контролю гібридності рослин жита озимого за геном Ln/Ln «світлі вузли стебла»; заявка № u 202502330 від 19.05.2025; Опубл. 17.12.2025, Бюл. № 51/2025. 4 с.
15. Рябовол Я. С., Рябовол Л. О., **Сліденко С. І.** Патент на корисну модель № 161582 від 18.12.2025 р. (Україна). Спосіб контролю стерильності рослин жита озимого за геном Ln/Ln «світлі вузли стебла»; заявка № u 202502332 від 19.05.2025; Опубл. 17.12.2025, Бюл. № 51/2025. 4 с.

## ANNOTATION

Slidenko S. I. Creation of winter rye plant genotypes with modified plant architecture through intraspecific hybridization. – Qualifying scientific work on manuscript rights.

Dissertation for obtaining the scientific degree of Doctor of Philosophy in specialty 201 Agronomy (20 Agricultural sciences and food). Uman National University, Uman, 2026

In the dissertation, new selection regulations were scientifically substantiated and developed, aimed at optimizing the processes of controlled hybridization and selection of genetic donors, taking into account the peculiarities of heredity of economically valuable traits and patterns of variability, which ensures the formation of highly productive starting material for the creation of synthetic varieties and heterosis hybrids of winter rye.

In the process of research, it was confirmed that the change in plant architecture is an effective selection and genetic tool for the formation of new morphobiological traits and optimization of the phenotypic and genotypic structure of populations, aimed at increasing the realization of the production potential of winter rye plants.

It has been proven that the use of genetic markers for the identification of breeding material during heterosis selection of winter rye is advisable, as it enables efficient determination of material purity prior to flowering based on phenotypic expression. Genes that can serve as markers for genotypic screening of source material at different phases of winter rye ontogenesis have been identified.

It was established that the genes Ln/l<sub>n</sub> "green/light plant nodes" and Rp/r<sub>p</sub> "flat/corrugated leaf surface" can be used as effective genetic markers for the visual identification of the "sterility-fertility" and "hybridity" traits of winter rye plants. The traits "green/light stem nodes" and "flat/corrugated leaf surface" were confirmed to be monogenically controlled. The Ln/l<sub>n</sub> gene is inherited by complete dominance, and the Rp/r<sub>p</sub> gene is not completely dominant due to the formation of an intermediate trait in heterozygotes.

It has been confirmed that the involvement in hybridization schemes of ecologically and geographically distant forms, in particular foreign hybrids, ensures the implementation of recombinative variability and makes it possible to obtain the initial selection material of winter rye with modified plant architecture and an increased level of individual productivity. It was found that the created sample 1731-9 is characterized by a high level of productive bushiness, forming up to eight spike-bearing stems per plant, and sample 1744-2 is distinguished by an average spike length of 10.0 cm and the formation of more than 57 grains per inflorescence. The step-change brought about by the mentioned features justifies the importance of using these genotypes as initial breeding material in hybridization schemes for the creation of new forms of winter rye.

The regenerative capacity of the created candidates for winter rye fertility restorer was evaluated. It was found that using the parental form of samples 1719-3 (98.3%), 1744-2 (98.1%), 1742-5 (97.9%) and 1714-1 (97.5%) in selection schemes ensures a high level of fertility restoration of the hybrid material.

The general and specific combining ability of fertility restorer lines was analyzed by performance indicators and it was established that samples 1714-1, 1719-3, 1731-9, 1742-5 and 1744-2 are characterized by consistently high effects of combining ability, which justifies the feasibility of using them as parental components for the creation of heterosis hybrids  $F_1$  and winter rye synthetic varieties.

As a result of the assessment of the specific combining ability in terms of productivity and individual grain quality indicators, promising genotypes 1705-6, 1712-1, 1730-2, 1740-4, 1741-1, 1753-2, 1754-1 and 1755-2 were identified, which, after additional selection, can be effectively used by breeders in order to create hybrids.

Samples of winter rye 1714-1, 1719-3, 1731-9, 1742-5, 1744-2, which are distinguished by a high general combining ability, should be involved in hybridization schemes for obtaining synthetic varieties.

The obtained fertility restorer lines of winter rye were comprehensively analyzed for the level of disease resistance, and their resistance to certain local races of phytopathogens was confirmed. It was established that line 1731-9 is an effective donor of genes for resistance to fusarium head blight, sample 1744-2 to septoriosiis, and lines 1742-5 and 1744-2 to pathogens of powdery mildew, brown and stem rust.

The high-performance synthetic population 23/5 was formed from the created restorer lines of fertility with high overall combining ability in terms of productivity and effective recombination of genetic material within the population (yield - 6.6 t/ha, protein content in grain - 11.3%).

It was established that with the optimal selection of components of the synthetic population, regardless of the duration of its reproduction, the material is characterized by a consistently high level of productivity. Under the influence of environmental factors, there is variability in the realization of the genetic potential of the population within the limits of the reaction norm. The negative impact of biotic and abiotic factors can be neutralized by including genotypes resistant to stressful growing conditions in the synthetic population, which ensures increased adaptability and stability of the manifestation of economic and valuable traits.

A genetic collection of winter rye samples that can be used as donors of fertility recovery genes (1719-3 (98.3%), 1744-2 (98.1%), 1742-5 (97.9%) and 1714-1 (97.5%)), markers of "light nodes of the stem" (1620-5) and "corrugated surface of the leaf plate" was formed. (1560-8), highly productive bushiness (1731-9), spike length up to 10.0 cm (1744-2), etc. It is expedient to use the created breeding materials in schemes of hybridization by donors of genes of valuable economic traits, which will contribute to obtaining new starting material and, on this basis, highly productive varieties and hybrids of culture.

The results of the economic analysis confirm the high level of profitability (229–272 %) of growing winter rye, in particular the created synthetic variety 23/5, which scientifically substantiates the feasibility of creating and introducing into

agricultural production synthetic varieties and heterosis hybrids, adapted to the soil and climatic conditions of the Right Bank Forest Steppe of Ukraine.

**Key words:** winter rye, hybridization, source material, hybrid, variety, panmictic population, parental components, fertility restorer lines, sample, combining ability, heterosis, economically valuable traits, gene donors, marker trait, seeds, yield, protein content.

## LIST OF SCIENTIFIC WORKS ON THE DISSERTATION TOPIC

### Articles in scientific publications, included

#### to the international scientometric bases Scopus and Web of Science

1. Novak Z. M., Riabovol L. O., Novak A. V., Liubchenko A. I., Liubchenko I. O., Diordiieva I. P., Synook I. V., Kulyk V. P., Fedorenko S. V., **Slidenko S. I.** Drought tolerance of developed wheat genotypes based on early diagnostics. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2025. 16(4), e25179. doi:10.15421/0225179

#### Articles in scientific and professional publications of Ukraine

2. Ryabovol Ia. S., Ryabovol L. O., **Slidenko S. I.** Evaluation of the created inbred lines of winter rye according to the main economic and valuable characteristics. *Collection of scientific works of the Uman National Academy of Sciences. Uman State University of Applied Sciences*, 2024. Issue 105. Part 1.: Agricultural sciences. P. 112–117. DOI: 10.32782/2415-8240-2024-105-1-112-118
3. Riabovol Ia. S., **Slidenko S. I.** Assessment of disease resistance of created samples of winter rye. *Collection of scientific works. Agrobiology*, Belotserk National Agrarian University. Bila Tserkva: BNAU, 2025. No. 1 (195). P. 153–162. DOI: 10.33245/2310-9270-2025-195-1-153-161.
4. Riabovol Ia. S., **Slidenko S. I.** Evaluation of the total combining ability of created inbred lines of winter rye. *Collection of scientific papers of the Uman National University. Research Institute of Umansky National University*, 2025. Issue 106. Part 1.: Agricultural sciences. P. 74–81. DOI: 10.32782/2415-8240-2025-106-1-74-81.

5. **Slidenko S. I.**, Ryabovol Ia. S. Analysis of economic and valuable characteristics of the created synthetic population of winter rye. Collection of scientific papers of the Uman National University. Research Institute of Umansky National University, 2025. Issue 107. Part 1.: Agricultural sciences. P. 109–115. DOI: 10.32782/2415-8240-2025-107-1-109-115

#### **Scientific works certifying the approval of the dissertation materials**

6. Riabovol Ia. S., Riabovol L. O., **Slidenko S. I.**, Nenka O. V. Adaptation of cloned material of winter rye during transfer from isolated culture to ex vitro conditions. Materials of the 12th International Scientific Conference "Breeding and Genetic Science and Education" (Pariav readings). (March 20-22, 2023). Uman: VOC «Vizavi». 2023. P. 219–221.
7. Riabovol Ia. S., Riabovol L. O., **Slidenko S. I.**, Nenka O. V., Kanak O. V. Creation of a bank of raw material of winter rye using in vitro culture. Materials of the 8th All-Ukrainian Scientific and Practical Conference «Genetics and Breeding in the and breeding in the modern agricultural complex» Uman, 2024. P. 133–135.
8. Riabovol Ia. S., Riabovol L. O., **Slidenko S. I.** Genetic resources of the starting material in the selection of winter rye. Materials of the 13th International Scientific and Practical Conference «Scientific principles of increasing the efficiency of agricultural production». (November 29, 2024). Kharkiv: DBTU. 2024. P. 270–272.
9. Riabovol Ia. S., Riabovol L. O., **Slidenko S. I.**, Tsaruk A. B. Selection and testing of promising lines for the breeding process of winter rye. Materials of the 9th All-Ukrainian scientific and practical conference «Genetics and breeding in the modern agricultural complex» Uman, 2024. P. 133–135.
10. Riabovol Ia. S., Riabovol L. O., **Slidenko S. I.** Genetic resources of the starting material in the selection of winter rye. Materials of the 13th International Scientific and Practical Conference «Scientific principles of increasing the efficiency of agricultural production». (November 29, 2024). Kharkiv: DBTU. 2024. P. 270–272.

11. Ryabovol Ya., Ryabovol L., **Slidenko S.**, Khomenko S. Analysis of inbred lines of winter rye for general combining ability. Materials of the 14th International Scientific Conference «Breeding and Genetic Science and Education» (Pariav readings). (March 19-21, 2025). Uman: VOC «Vizavi». 2025. P. 112–114.
12. Riabovol Ia. S., Riabovol L. O., **Slidenko S. I.** Use of marker genes for heterosis selection of winter rye. Materials of the International Internet Conference «Scientific support for the production of competitive agricultural products in the conditions of the formation of environmentally sustainable agrolandscapes»: collection of theses of the international Internet conference, June 17, 2025 / Ministry of Education and Science, Uman National University [etc.], according to Ed. Shchetyny S.V. Uman, 2025. P. 122–123.
13. Riabovol Ia. S., **Slidenko S. I.**, Riabovol L. O. Starting material in the selection of winter rye. Materials of the 10th All-Ukrainian Scientific and Practical Conference «Genetics and Breeding in the Modern Agricultural Complex» Uman, 2025. P. 118–120.

#### **Patents**

14. Riabovol L. O., Riabovol Iy. S., **Slidenko S. I.**, Diordiyeva I. P. Utility model patent No. 161581 dated 18.12.2025 (Ukraine). The method of controlling the hybridity of winter rye plants by the Ln/l<sub>n</sub> gene «light nodes of the stem»; application No. u 202502330 dated 05/19/2025; Publ. 17.12.2025, Bul. No. 51/2025. 4 p.
15. Riabovol Ia. S., Riabovol L. O., **Slidenko S. I.** Utility model patent No. 161582 dated 12/18/2025 (Ukraine). The method of controlling the sterility of winter rye plants by the Ln/l<sub>n</sub> gene «light nodes of the stem»; application No. u 202502332 dated 05/19/2025; Publ. 17.12.2025, Bul. No. 51/2025. 4 p.

## ЗМІСТ

	ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА АБРЕВІАТУР	17
	ВСТУП	18
	СУЧАСНИЙ СТАН СЕЛЕКЦІЙНО-ГЕНЕТИЧНИХ	
РОЗДІЛ 1	ДОСЛІДЖЕНЬ ЖИТА ОЗИМОГО	25
	(огляд літератури)	
1.1	Вихідний матеріал у селекції жита озимого	25
1.2	Основні напрямки і завдання сучасної селекції жита озимого	29
1.2.1	Зміна архітекtonіки рослини, як один із механізмів підвищення продуктивності селекції жита	31
1.2.2	Особливість ведення селекції жита на короткостебловість та стійкість до вилягання	34
1.2.3	Селекції жита на імунітет	39
1.3	Явище гетерозису та інбридинг в селекції жита озимого	44
1.4	Основні положення селекції сортів-синтетиків жита озимого	48
1.4.1	Принципи моделювання сортів-синтетиків за зміни архітекtonіки рослини	51
1.4.2	Критерії оцінки селекційного матеріалу жита за створення нових морфотипів	53
1.5	Використання цитоплазматичної чоловічої стерильності в селекції жита	55
	Висновки за розділом 1	60
	Список джерел літератури до розділу 1	61
РОЗДІЛ 2	УМОВИ, МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ	78
	ДОСЛІДЖЕНЬ	
2.1	Ґрунтово-кліматичні умови	78
2.2	Характеристика вихідного селекційного матеріалу	87
2.3	Методика проведення досліджень	88

		15
	Висновки за розділом 2	95
	Список джерел літератури до розділу 2	96
	ВИКОРИСТАННЯ ГЕНТИЧНИХ МАРКЕРІВ ДЛЯ	
РОЗДІЛ 3	ІДЕНТИФІКАЦІЇ СТЕРИЛЬНОСТІ ТА ГІБРИДНОСТІ	99
	РОСЛИН У СЕЛЕКЦІЇ ЖИТА ОЗИМОГО	
	Контроль стерильності материнської форми рослин жита	
3.1	озимого за використання маркерних генів Ln/l <sub>n</sub> «зелені/світлі вузли стебла» та Rp/r <sub>p</sub> «пласка/гофрована поверхня листка»	100
	Контроль гібридності рослин жита озимого за використання	
3.2	маркерних генів Ln/l <sub>n</sub> «зелені/світлі вузли» та Rp/r <sub>p</sub> «пласка/гофрована поверхня листка»	105
	Аналіз успадкування маркерних генів ідентифікації окремих	10
3.3	ознак жита озимого	9
	Висновки за розділом 3	115
	Список джерел літератури до розділу 3	116
РОЗДІЛ 4	СЕЛЕКЦІЙНА ОЦІНКА ІНБРЕДНИХ ЛІНІЙ-ЗАПИЛЮВАЧІВ ЖИТА ОЗИМОГО	119
	Оцінка інбредних ліній-кандидатів у відновлювачі	
4.1	фертильності на відновлюючу здатність	120
	Оцінка загальної комбінаційної здатності створених	
4.2	інбредних ліній-відновлювачів фертильності жита озимого	123
	Рівень прояву гетерозису за продуктивністю тест-кросних	
4.3	гібридів жита озимого	128
	Висновки за розділом 4	138
	Список джерел літератури до розділу 4	140
	ОЦІНКА ЦІННИХ ГОСПОДАРСЬКИХ ОЗНАК	
РОЗДІЛ 5	СТВОРЕНИХ ЛІНІЙ-ВІДНОВЛЮВАЧІВ ФЕРТИЛЬНОСТІ ЖИТА ОЗИМОГО	146
	Оцінка ліній-відновлювачів фертильності жита озимого за	
5.1	основними господарсько-цінними ознаками	146

		16
5.2	Оцінка резистентності до хвороб створених ліній- відновлювачів фертильності жита озимого	151
	Висновки за розділом 5	162
	Список джерел літератури до розділу 5	163
РОЗДІЛ 6	СТВОРЕННЯ ТА АПРОБАЦІЯ СИНТЕТИЧНОЇ ПОПУЛЯЦІЇ 23/5 ЖИТА ОЗИМОГО	168
6.1	Створення синтетичної популяції жита озимого 23/5	171
6.2	Агробіологічний потенціал синтетичної популяції 23/5	173
6.3	Аналіз господарсько-цінних ознак синтетичної популяції 23/5	179
6.4	Апробація синтетичної популяції 23/5 жита озимого на стійкість до хвороб	184
6.5	Насінництво сортів-синтетиків жита озимого	186
6.6	Економічна ефективність вирощування сорту-синтетика 23/5 жита озимого	195
	Висновки за розділом 6	197
	Список джерел літератури до розділу 6	198
	ВИСНОВКИ	202
	РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ СЕЛЕКЦІЙНОЇ ПРАКТИКИ ТА ВИРОБНИЦТВА	205
	ДОДАТКИ	206

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА АБРЕВІАТУР

Скорочення, аббревіатура	Розшифровка (повна назва)
♀	материнська форма
♂	батьківська форма
×	гібридизація
G	гамета
F	гібрид
2n	диплоїдний набір хромосом
h	висота рослин
r	коефіцієнт кореляції
Rf	домінантний ген ядра
rf	рецесивний ген ядра
S	стерильна цитоплазма
St	стандарт
syn	покоління сорту-синтетика
V	коефіцієнт варіювання
ГМ	генетичні маркери
ГСКР	генетична система контрольованого розмноження
ЗКЗ	загальна комбінаційна здатність
КЗ	комбінаційна здатність
НЦГРР України	Національний центр генетичних ресурсів рослин України
СКЗ	специфічна комбінаційна здатність
СФ	самофертильна лінія
Уманський НУ, УНУ	Уманський національний університет
ЦЧС	цитоплазматична чоловіча стерильність
ЧС	чоловічо-стерильні (лінії, аналоги)

## ВСТУП

**Обґрунтування вибору теми досліджень.** Жито (*Secale cereale* L.) – друга після пшениці за розповсюдженням хлібна культура. Жито має високі поживні якості, адже містить в своєму складі білку – до 14,6%, сирого протеїну – 11,6%, вітаміни групи А, В, Е та РР [1, 2]. Вирощують жито і як кормову культуру, що дає ранній високоякісний зелений корм при скошуванні або на пасовищі. Зерно жита широко використовують також як концентрований корм в суміші з зерном інших культур [3, 4].

Серед озимих зернових культур, жито характеризується високою зимостійкістю, посухостійкістю та здатністю давати економічно-вагомий врожай на бідних піщаних ґрунтах [3, 5].

У світовому землеробстві за посівною площею жито посідає восьме місце після пшениці, рису, ячменю, кукурудзи, вівса, проса та сорго. В Україні, жито озиме займає 99,8 % посівних площ культури. Його вирощують у всіх агрокліматичних зонах України, за винятком регіонів Криму і Бессарабії [5, 6, 7, 8].

Суттєвий внесок у розвиток та інтенсифікацію селекційних програм жита озимого внесли вчені М. А. Вітвицький, Х. Х. Гейзер, С. І. Гордей, В. П. Дерев'янка, Д. К. Єгоров, А. Ф. Здрилько, В. Д. Кобилянський, Ф. М. Парій, В. П. Пархомова, В. В. Скорик, Л. В. Хотильова, В. І. Худоєрко, В. Я. Юр'єв, та інші. Незважаючи на суттєвий прогрес у селекційному вдосконаленні жита, низка теоретичних і практичних аспектів гетерозисної селекції та створення синтетичних популяцій культури залишається недостатньо вирішеними. Станом на 2025 рік до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні, занесено лише сім гібридів жита озимого, натомість у країнах Європейського Союзу виробництво культури базується переважно на використанні гетерозисних гібридів.

Для ведення гетерозисної селекції жита озимого на основі ЦЧС потрібно мати високогетерозисні компоненти схрещування, зокрема,

стерильну материнську форму, закріплювач стерильності і відновлювач фертильності. Тому розробка нових регламентів ведення гетерозисної селекції жита озимого, зокрема, створення вихідних батьківських компонентів гібридизації за зміни архітекtonіки рослини та ідентифікація матеріалів за використання в селекційному процесі маркерних ознак, зумовлюють актуальність теми дисертаційної роботи.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.**

Дослідження за темою дисертаційної роботи виконували впродовж 2022–2026 рр. згідно з підпрограмою «Аналіз, розроблення та удосконалення генетичних і біотехнологічних методів у селекції сільськогосподарських культур», що входить у програму наукових досліджень Уманського національного університету Міністерства науки і освіти України «Збалансоване використання, прогноз і управління природним та ресурсним потенціалом агроecosистем України» (номер державної реєстрації 0121U112521).

**Мета і задачі дослідження.** Метою дослідження було створення вихідних батьківських компонентів жита озимого за цілеспрямованої рекомбінації та добору зразків зі зміненою архітекtonікою рослини і використанні маркерних ознак для ідентифікації генотипу в селекційному процесі отримання сортів і гібридів культури.

Для досягнення мети на вирішення було поставлено наступні задачі:

- удосконалити технологічні регламенти селекційного процесу створення вихідних батьківських компонентів жита озимого за комбінування зразків з цінними господарськими ознаками;
- виділити маркерні гени жита озимого, що в процесі гібридизації можуть слугувати індикаторами ознак «стерильність–фертильність» і «гібридність» рослин в селекції на гетерозис;
- створити та проаналізувати продуктивність зразків жита озимого різних морфотипів та виявити закономірності й специфіку формування елементів продуктивності залежно від зміни архітекtonіки рослини;

- з'ясувати характер успадкування цінних господарських ознак створених морфотипів жита озимого;
- оцінити здатність ліній-відновлювачів фертильності щодо створення гібридів і сортів-синтетиків жита озимого на основі визначення їх загальної та специфічної комбінаційної здатності;
- оновити колекцію вихідного матеріалу зразків жита озимого за комплексом цінних господарських ознак для ведення гетерозисної селекції на основі ЦЧС Р-типу та отримання синтетичних популяцій культури.

*Об'єкт дослідження* – селекційні технології отримання та апробації батьківських компонентів для ведення селекції на гетерозис і створення сортів-синтетиків жита озимого зі зміненою архітектонікою рослини; способи створення та ідентифікації вихідного матеріалу.

*Предмет дослідження* – вихідні батьківські компоненти, лінії-відновлювачі фертильності та гібридні комбінації жита озимого, що використовуються у гетерозисній селекції; сорти-синтетики жита озимого; колекційний генофонд зразків зі зміненою архітектонікою рослини; комплекс показників продуктивності.

**Методи дослідження:** загальнонаукові – експеримент, спостереження, аналіз; спеціальні – польовий, лабораторний, генетичний; математико-статистичні – варіаційний, дисперсійний і кореляційний аналізи.

**Наукова новизна одержаних результатів.** У дисертації обґрунтовано нові підходи щодо оптимізації контрольованої гібридизації та селекційного добору генетичних донорів за врахування особливостей успадкування ознак і закономірностей мінливості, що сприяє створенню високопродуктивного вихідного матеріалу в селекції гібридів і сортів-синтетиків жита озимого.

Розроблено нові селекційні положення щодо отримання вихідного матеріалу жита озимого, які забезпечують інтенсифікацію створення високопродуктивних батьківських компонентів гібридизації для реалізації

гетерозисної селекції на основі цитоплазматичної чоловічої стерильності та формування синтетичних популяцій культури.

Підтверджено, що цілеспрямована модифікація архітекtonіки рослин є ефективним селекційним інструментом формування нових морфобіологічних ознак і оптимізації генотипової та фенотипової структури популяцій, орієнтованих на підвищення рівня реалізації продуктивного потенціалу рослин жита озимого.

Вперше доведено, що ген  $Ln/l_n$ , який контролює зелене/світле забарвлення вузлів стебла, може використовуватись ефективним генетичним маркером, що дало змогу розробити спосіб контролю стерильності рослин жита озимого, застосування якого забезпечує візуальну ідентифікацію ознаки «стерильність–фертильність» генотипів за забарвленням вузла до фази цвітіння (патент № 161582).

Вперше розроблено спосіб контролю гібридності рослин жита озимого, що ґрунтується на використанні маркером гена  $Ln/l_n$  (зелені/світлі вузли стебла) і дає змогу здійснювати оцінювання за маркерною ознакою рівень гібридності насіння промислових партій та використовувати для сівби однорідний гібридний матеріал (патент № 161581).

Вперше встановлено, що ген  $Rp/r_p$ , який детермінує ознаку «пласка/гофрована поверхня листка», доцільно використовувати генетичний маркер для контролю прояву ознак «стерильність–фертильність» і «гібридність» рослин жита озимого, що стало підґрунтям для розроблення способів контролю стерильності материнської форми й гібридності рослин культури.

Підтверджено ефективність використання географічно віддалених форм, зокрема, іноземних гібридів, донорами генів господарсько-цінних ознак, що дало змогу створити високопродуктивні лінії-відновлювачі фертильності жита озимого з оптимізованою архітекtonікою рослин.

За результатами оцінювання загальної та специфічної комбінаційної здатності створених ліній-відновлювачів фертильності жита озимого за

показниками продуктивності та відселектовано зразки, що доцільно використовувати батьківськими компонентами за створення гетерозисних гібридів і сортів-синтетиків культури.

Визначено гібридні комбінації жита з максимальним рівнем прояву гетерозису за комплексом кількісних і якісних ознак.

*Удосконалено* принципи селекційного процесу створення синтетичних популяцій жита озимого, що передбачає групування за панміксії високопродуктивних батьківських компонентів гібридів – ліній-відновлювачів фертильності культури.

*Дістало подальшого розвитку* питання оптимізації селекційних технологій створення та ідентифікації вихідних батьківських компонентів для отримання гетерозисних гібридів і синтетичних сортів жита озимого.

**Практичне значення одержаних результатів.** Удосконалено селекційні технології створення батьківських компонентів жита озимого за використання генетичних систем контрольованого розмноження.

Створено батьківські компоненти – лінії-відновлювачі фертильності – з високою загальною та специфічною комбінаційною здатністю за комплексом цінних господарських ознак, що доцільно використовувати в селекційному процесі отримання гетерозисних гібридів і синтетичних популяцій жита озимого.

Розроблено способи контролю гібридності та стерильності рослин жита озимого для ідентифікації матеріалу за маркерними генами (патенти № 161581, № 161582).

У співавторстві, за рекомбінації створених ліній-відновлювачів фертильності 1714-1, 1719-3, 1731-9, 1742-5 і 1744-2 отримано високопродуктивну синтетичну популяцію 23/5, яку після розмноження буде передано на Державну науково-технічну експертизу.

Доповнено новими зразками колекцію вихідного селекційного матеріалу жита озимого, що вирізняються морфобіологічними особливостями, архітектонікою рослини та господарсько-цінними

показниками і можуть слугувати донорами генів окремих ознак за фундаментальних і прикладних досліджень.

Розроблені наукові положення використовуються за викладання дисциплін «Спеціальна генетика сільськогосподарських культур», «Селекція та насінництво сільськогосподарських культур», «Спеціальна селекція сільськогосподарських культур», а також у науковому процесі лабораторії генетики, селекції та насінництва Уманського національного університету.

Виробничу апробацію результатів досліджень проведено у ФГ «Кримяне» і ФГ «Поляна лісова» Уманського району, Черкаської області (акти впровадження від 22.05.2025 р., додатки Б, В) та СТОВ «Урожай» Черкаської області (акт впровадження від 10.11.2025 р., додаток Д). на площі 6,0 га. Вирощування синтетичної популяції 23/5 жита озимого забезпечило отримання високих показників продуктивності та суттєвого економічного ефекту.

**Особистий внесок здобувача** полягає в самостійному визначенні з тематикою дослідження, проведенні пошуку та аналізу літературних джерел зарубіжних і вітчизняних авторів, проведенні комплексних лабораторних і польових досліджень, групуванні та статистичному аналізі експериментальних даних, формулюванні висновків та рекомендацій селекційній практиці та виробництву, а також впровадженні результатів наукових досліджень у виробництво. У роботі частково викладено матеріали спільних досліджень із науковцями Уманського національного університету, результати яких опубліковано у наукових працях з часткою авторського внеску здобувача від 10 до 90 %.

**Апробація результатів дисертації.** Основні результати дисертаційної роботи оприлюднено та обговорено на засіданнях кафедри рослинництва, кафедри генетики, селекції рослин та біотехнології, методичної комісії та Вченої ради факультету агрономії Уманського національного університету, XII–XIV Міжнародних наукових конференціях «Селекційно-генетична наука і освіта» (Парієві читання) (Умань, 2023–2025), XIII Міжнародній науково-

практичній конференції «Наукові засади підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва» (Харків, 2024), Міжнародній інтернет-конференції «Наукове забезпечення виробництва конкурентоспроможної сільськогосподарської продукції в умовах формування екологічних агроландшафтів» (Умань, 2025), VIII–X Всеукраїнських науково-практичних конференціях «Генетика і селекція в сучасному агрокомплексі» (Умань, 2023–2025).

**Публікації.** Результати досліджень за темою дисертації викладено у 15 наукових працях, зокрема, чотири статті – у фахових виданнях України, одна стаття – у виданні, індексованому в Міжнародних наукометричних базах Scopus і Web of Science, вісім тез доповідей наукових конференцій та отримано два патенти на корисну модель.

**Обсяг і структура роботи.** Дисертаційну роботу викладено на 223 сторінках комп'ютерного набору, зокрема, 154 сторінки – основного тексту. Структурно вона складається з анотації, переліку умовних позначень та аббревіатур, вступу, шести розділів, висновків, рекомендацій для селекційної практики та виробництва і додатків. Робота містить 33 таблиці і 16 рисунків. Список використаних джерел літератури, що оформлено за кожним розділом, має 283 позицій, з яких 126 – латиницею.

# РОЗДІЛ 1

## СУЧАСНИЙ СТАН СЕЛЕКЦІЙНО-ГЕНЕТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЖИТА ОЗИМОГО (огляд літератури)

Жито (*Secale cereale* L.) – диплоїдна ( $2n = 2x = 14$ ) однорічна злакова культура, що характеризується зазвичай перехресним запиленням і наявністю системи гаметофітної самонесумісності. Ця особливість забезпечує високий рівень гетерозиготності популяцій, що є важливим чинником для селекції, оскільки підвищує генетичну варіабельність та потенціал отримання продуктивних гібридів.

Впродовж останніх двох десятиліть площі посівів жита у світі скоротилися майже вдвічі. Нині основні обсяги виробництва зосереджені в Україні, Польщі, Німеччині, країнах Балтії, Білорусі та Чехії. Найвищі показники врожайності спостерігаються в Німеччині, що свідчить про значний продукційний потенціал культури за умов інтенсивних технологій вирощування. З точки зору селекції, це вказує на доцільність використання таких високопродуктивних генотипів донорами продуктивності для створення нових гібридів та сортів.

Жито, зазвичай, вирощують як озиму зернову культуру. Ярі форми поширені у регіонах з наднизькими зимовими температурами або за тривалого періоду снігового покриву (понад три місяці), що ускладнює перезимівлю озимини. Це спонукає до ведення селекції в напрямку створення стійких до абіотичних чинників вихідних матеріалів і на їх основі високопродуктивних популяцій і гібридів [1, 2, 3].

### 1.1 Вихідний матеріал у селекції жита озимого

Жито характеризується високим рівнем генетичного поліморфізму, сформованого внаслідок тривалої адаптивної еволюції культури в різних

еколого-географічних зонах вирощування. Жито вирізняється внутрішньопопуляційною генетичною мінливістю, що істотно перевищує міжпопуляційну генетичну диференціацію [4, 5]. Така організація генофонду зумовлює високий рівень гетерозиготності та створює сприятливі передумови для реалізації гетерозисного ефекту в гібридній селекції.

Молекулярно-генетичні дослідження місцевих сортів і селекційних форм жита зі Скандинавських країн, Німеччини та Польщі із застосуванням ДНК-маркерів дали змогу вирізнити вісім генетичних кластерів, диференційованих відповідно до їх еколого-географічного походження [6]. Генетична структура популяцій свідчить про формування відокремлених генофондних груп і підтверджує доцільність використання контрастних за походженням генотипів для розширення алельного різноманіття та підвищення комбінативної здатності селекційного матеріалу (табл. 1.1).

*Таблиця 1.1*

### **Європейські банки генетичного вихідного матеріалу жита**

Назва установи	Країна	Кількість зразків, шт.
Ботанічний сад польської академії наук	Польща	1630
Інститут селекції та акліматизації рослин, Радзіков	Польща	1354
Лейбніцький інститут генетики рослин і досліджень у рослинництві, Катаслібен	Німеччина	1207
Науково-дослідний інститут рослинництва	Чехія	659
Егейський сільськогосподарський науково-дослідний інститут	Туреччина	512
Національний інститут сільськогосподарських досліджень, технологій та харчування	Іспанія	428

Оскільки жито є диплоїдною культурою, більшість його морфологічних ознак контролюється окремими генами та успадковуються моногенно [7].

У практичній селекції жита не завжди використовуються генетичних ресурсів, що зумовлено комплексом генетичних і селекційно-біологічних чинників. По-перше, екзогенна зародкова плазма, зазвичай характеризується недостатнім рівнем адаптивності до широкого спектру агроекологічних умов вирощування, що знижує її селекційну цінність у конкретних зонах районування. По-друге, між районованими сортами та екзогенною зародковою плазмою спостерігається істотна генетична дивергенція за рівнем продуктивності та характером прояву маркерних і господарсько-цінних ознак, що ускладнює ефективну інтеграцію таких генотипів у селекційні програми [7, 8].

Крім того, екзогенна зародкова плазма часто характеризується низькою інбредною толерантністю, що обмежує можливість отримання стабільних інбредних ліній і, відповідно, знижує ефективність її використання в системах гібридної селекції. Важливим стримувальним чинником є також складність оцінки генетичної дистанції між окремими генетичними групами, особливо за відсутності повної молекулярно-генетичної характеристики вихідного матеріалу.

Генетичні взаємодії, зокрема плейотропна дія генів, епістатичні ефекти та зчеплене успадкування, нерідко призводять до коінтрогресії небажаних алелей і формування селекційного матеріалу з негативним поєднанням агрономічно цінних ознак, що істотно ускладнює процес селекційного добору [9].

Незважаючи на зазначені обмеження, екзогенна зародкова плазма може містити цінні геномні сегменти, здатні поліпшувати олігогенні та полігенні ознаки в створених селекційних популяціях [10]. Отримання нових генетичних форм можливе за беккросування та аналізу локусів кількісних ознак або із застосуванням методу інтрогресивної гібридизації [11].

Нині сформовано колекції інтрогресивних ліній, кожна з яких має окремі гени або геномні фрагменти донора, ідентифіковані за маркерними ознаками та спрямовані на введення в геном культурної форми-реципієнта [12]. За умови стабільної експресії інтрогресованих алелей у геномі реципієнта, фенотиповий прояв донорських ознак проявляється в отриманих лініях.

У жита озимого створено дві колекції інтрогресивних ліній за використання донорами іранської дикої форми Altevogt 14160. Їх отримано за маркер-орієнтованої селекції із застосуванням аналізу поліморфізму ампліфікованих фрагментів та аналізу структурних перебудов і дуплікацій генів [13–16]. Більшість інтрогресивних ліній мали від одного до трьох маркерних генів, локалізованих у межах окремих сегментів донорської хромосоми [12, 14, 16].

Комплексна фенотипова та господарська оцінка колекційного матеріалу дала змогу ідентифікувати генетичні джерела низки ознак для ведення селекційного процесу, який зазвичай заснований на штучному доборі, гібридизації та використанні ефектів поліплоїдії, що, забезпечує виділення генотипів із комплексом господарсько-цінних ознак, адаптованих до умов навколишнього природного середовища. На основі відібраного вихідного матеріалу створено високопродуктивні сорти жита диплоїдного ( $2n = 14$ ) та тетраплоїдного ( $2n = 28$ ) рівнів плоїдності, що вирізняються підвищеним адаптивним потенціалом і стабільністю прояву продуктивних ознак [14, 15, 17].

Отже, селекція є ефективним інструментом цілеспрямованого розширення генетичного різноманіття та створення вихідного селекційного матеріалу з новими маркерними і господарсько-цінними ознаками жита озимого [12].

## 1.2 Основні напрямки і завдання сучасної селекції жита озимого

Вченими встановлено, що для підтримання повноцінного функціонування організму людини середньорічне споживання житнього зерна у перерахунку на хліб та хлібобулочні вироби має становити до 50 кг на одну особу [16]. Для задоволення продовольчих потреб населення України у житньому хлібі річний валовий збір зерна жита повинен сягати 2,3 млн т. За умови середньої врожайності культури на рівні 2,1 т/га посівна площа жита має становити не менше 1,0 млн га [15, 16]. Для підвищення продуктивності культури, виробництво потребує нових високопродуктивних сортів і гібридів.

Нині актуальним залишається питання удосконалення селекційних стратегій і методології створення та ефективного використання нових ліній – носіїв селекційно цінних ознак. Першочергове значення мають генотипи, що детермінують короткостебловість, імунітет і резистентність до комплексу грибкових хвороб, високу масу та технологічну якість зерна, а також стабільність прояву цих ознак у різних агроєкологічних умовах [15, 18–21].

У селекції на якість продукції та імунітет сільськогосподарських культур принципово важливим є чітке розмежування понять «джерело» та «донор» генетично цінних ознак. Під «джерелом» розуміють відібрані за фенотиповими проявами генотипи окремих культурних або споріднених видів, що характеризуються індивідуальними господарсько-цінними ознаками. «Донором» вважають генетично ідентифіковане джерело бажаної ознаки, здатне, при використанні в гібридизації, передавати її нащадкам за формування фертильних гібридів і прогнозованим ефектом успадкування, за відсутності негативних або плейотропно зчеплених генів, пов'язаних з відповідною ознакою [19, 21, 22].

Обов'язковою умовою залучення кращих зразків до категорії донорів є достовірна інформація щодо їх генетичної природи та механізмів успадкування цінних ознак. Це забезпечує можливість цілеспрямованого

використання генотипів – носіїв основних генів або алельних варіантів, що впливають на формування бажаного фенотипу [23, 24].

Впровадження у виробництво сучасних гібридів  $F_1$  та сортів-синтетиків жита озимого дає змогу забезпечити отримання необхідних обсягів зернової продукції за рахунок реалізації гетерозисного ефекту без розширення посівних площ культури [25–28].

До основних чинників, що лімітують рівень продуктивності жита, належать генетично зумовлена схильність рослин до вилягання, недостатній рівень адаптивності до абіотичних стресорів (низькі та високі температури, дефіцит вологи тощо), обмежена резистентність до основних хвороб і шкідливих організмів, а також недостатня реалізація потенціалу урожайності й технологічної якості зерна, закладеного в генотипі [29–31].

Цільові орієнтири селекції жита озимого визначаються агроекологічними умовами зони та специфікою вирощування культури. В умовах України пріоритетним завданням є реалізація селекційних програм зі створення високопродуктивних сортів-синтетиків і гібридів жита озимого зернового напрямку, що передбачає формування біотипів із потенційною врожайністю зерна на рівні 8,0–9,0 т/га, оптимальною висотою рослин 70–100 см, кількістю зерен у колосі 70–80 шт., масою 1000 насінин 40–45 г, вмістом білка в зерні до 14 % та підвищеною стійкістю до проростання зерна в колосі [31, 32].

Створення сортів і гібридів  $F_1$  жита з високим рівнем реалізації продуктивного потенціалу потребує забезпечення ефективного генетичного захисту рослин від комплексу хвороб і шкідників. Це особливо актуально для гетерозисної селекції жита, оскільки генетична база гібридів, зазвичай, є вужчою порівняно з популяційними сортами, що зумовлює зниження пластичності та генетичного гомеостазу і зумовлює перенесення адаптивного навантаження на механізми індивідуального онтогенетичного гомеостазу. У зв'язку з цим під час створення сортів-синтетиків і гібридів  $F_1$  важливе значення має добір генотипів із високим рівнем загальної та специфічної

комбінаційної здатності, адаптивності до комплексу лімітуючих чинників середовища в умовах окремого регіону вирощування [33, 34].

### **1.2.1 Зміна архітекtonіки рослини, як один із механізмів підвищення продуктивності селекції жита**

Зміна архітекtonіки рослини в селекції жита озимого – це один із основних напрямів генетичного вдосконалення культури, спрямований на підвищення врожайності, стійкості до вилягання та адаптивності до інтенсивних технологій вирощування.

Архітекtonіка рослини жита озимого – це комплекс морфологічних та анатомічних ознак, що визначають форму і будову рослини. Вона включає висоту та товщину соломини, довжину міжвузлів, кущистість, форму та щільність колоса, а також просторове розташування листків. Зміна архітекtonіки рослини є однією із задач сучасної селекції, оскільки вона безпосередньо впливає на урожайність, стійкість до вилягання, ефективність використання добрив та адаптивність до різних агроекологічних умов [35].

У селекції вирізняють окремі напрямки зміни архітекtonіки рослини:

- висота стеблостою – зменшення висоти рослини є одним із основних напрямів селекції жита озимого. Короткостеблові форми вирізняються стійкістю до вилягання, що важливо при інтенсивних технологіях вирощування за використання високих норм азотних добрив. Добір таких форм забезпечує рівномірне колосіння та підвищує збиральний індекс. Генетично короткостебловість у жита, зазвичай, контролюється моногенними або олігогенними системами, що дає змогу ефективного введення цих генів у геном гібридних форм. Розроблено також способи контролю стерильності та гібридності рослин жита за використання маркерного гена домінантної короткостебловості  $Hl/hl$  [36, 37];
- соломина – міцність, довжина міжвузлів, колір. Зміна морфології соломини передбачає не лише зменшення її довжини, але і підвищення міцності та корекцію діаметра стебла. Ці ознаки забезпечують

стабільність рослини до суховіїв та злив, знижують ризик вилягання та оптимізують механізоване збирання культури. Важливим є також рівномірне вкорочення міжвузлів, що формує компактну і міцну структуру стебла. Колір стебла та міжвузля є ефективним маркером за візуальної ідентифікації гібридного матеріалу;

- продуктивна куцистість. Куцистість рослин жита озимого істотно впливає на врожайність культури та якість посіву. Віддають перевагу оптимальній (помірній) продуктивній куцистості, за якої всі стебла формує колос. Синхронний розвиток пагонів забезпечує рівномірне колосіння та сприяє ефективному використанню сонячної енергії та поживних речовин. Надмірна куцистість може призводити до затінення нижніх ярусів і зменшення фотосинтетичної активності рослини. Вчені також проводять добір матеріалу за формою куци рослин [38, 39];
- колос та його озерненість. Форма колосу – важлива ознака, що безпосередньо впливає на врожайність культури. Компактний або напівкомпактний колос з оптимальною кількістю колосків і квіток забезпечують високу озерненість суцвіття. У гетерозисних гібридах контроль за архітектонікою колосу дає змогу комбінувати високу продуктивність зі стійкістю до несприятливих абіотичних чинників навколишнього природного середовища [40, 41];
- листковий апарат. Зміна архітектоніки листкового апарату спрямована на оптимізацію фотосинтетичної активності. Вертикальне розташування листків зменшує затінення нижніх ярусів і сприяє рівномірному освітленню всіх фотосинтезуючих органів. Площа листкової поверхні та її співвідношення до генеративної маси впливають на інтенсивність утворення асимілятів і, відповідно, на врожайність рослини [42–45].

Більшість ознак рослини контролюється окремими генами або їх блоками, що дає змогу здійснювати ефективний селекційний добір. Використання гібридизації та цитоплазматичної чоловічої стерильності у жита забезпечує швидке поєднання бажаних характеристик архітектоніки у

гібридів, що підвищує рівень гібридності та продуктивності рослин. Для ідентифікації генів окремих конкретних ознак використовують методи молекулярної генетики [35, 46].

Запрограмована збалансована модель рослини дає змогу переходити від екстенсивних технологій вирощування до інтенсивних. Сучасні сорти і гібриди жита озимого характеризуються оптимальним поєднанням висоти, міцності соломини, кущистості, форми колосу та листового апарату. Це забезпечує стабільно високий урожай за різних агроєкологічних умов, зменшує ризик втрат через вилягання та підвищує показники якості зерна.

Розвиток сучасної селекції та вдосконалення селекційно-генетичних програм зумовлюють необхідність пошуку нових підходів і методів, що дають змогу цілком виявити й реалізувати потенційні можливості рослинного організму, а також у стислі строки отримати новий вихідний матеріал, адаптований і стійкий до несприятливих чинників навколишнього природного середовища конкретного регіону вирощування. На основі такого матеріалу можливе створення високопродуктивних сортів і гібридів культури [47, 48].

Інтенсифікація селекційного процесу, зокрема, розмноження селекційного матеріалу зі зміненою архітектонікою досягається за удосконалення технологічної моделі селекції з включенням до її загальної схеми біотехнологічної ланки. Застосування сучасних досягнень біотехнології істотно доповнює та прискорює селекційний процес створення та розмноження нових цінних зразків, зокрема ексклюзивних форм жита озимого зі зміненою архітектонікою рослини [48].

Використання біотехнологічних методів дає змогу оперативного отримувати генетично ідентичний матеріал та змінені форми, а також досліджувати закономірності успадкування окремих ознак і причини мінливості рослинного організму [48, 49].

Використання непрямого соматичного ембріодогенезу забезпечує отримання генетично змінених рослин і стимулює процес формування

мутантних генотипів. За регенераційних процесів з калюсної культури можна отримати спектр зразків з новими маркерними ознаками та зміненою архітектонікою рослини. Зазначена технологія є ефективним інструментом швидкого створення селекційних форм з новими характеристиками та розмноження вихідного матеріалу для використання в рекурентних селекційних програмах [50, 51].

Ученими з'ясовано, що для зернових культур, зокрема жита, в селекційному процесі доцільно використовувати культуру зиготичних зародків, що передбачає стерильне культивування зрілих або незрілих зародків на штучному живильному середовищі. Ізольований зародок відокремлюють від материнських тканин і переносять на середовище, що функціонально замінює йому ендосперм. У результаті індукції органогенезу або прямого соматичного ембріодогенезу отримуємо рослину, яка за традиційної селекції може не сформуватися [51–57].

Отже, використання біотехнологічної ланки в загальній селекційній схемі дає можливість отримати генетично сталі та змінені матеріали і прискорити процес створення нових сортів та гібридів культури.

### **1.2.2 Особливість ведення селекції жита на короткостебловість та стійкість до вилягання**

Вилягання жита озимого – поширене явище в агровиробництві, що суттєво обмежує реалізацію генетичного потенціалу культури. Воно погіршує умови росту та розвитку рослин, ускладнює або робить неможливим механізоване збирання, що призводить до втрат урожаю до 50 % та зниження біологічної врожайності на 15–20 % [7, 58–60].

Дослідження, проведені у 1969 р. на стійкому до вилягання німецькому сорті Nadmerslebener St. 213/47, показало, що штучно викликане вилягання у фазу цвітіння призводило до втрат врожаю зерна на 21,4 %. Зниження продуктивності було зумовлене зменшенням маси 1000 насінин на 7,7 % та кількості зерен у колосі, а також збільшенням череззерниці з 14 до 20 %. Вміст білка у зерні рослин, що вилягли, підвищувався з 9,2 до 10 %, проте

хлібопекарські властивості погіршувалися. Висота амілограми знизилася до 207 од. проти 233 од. у контрольному варіанті [61, 62].

Стійкість жита до вилягання є комплексною ознакою, що формується під дією кількох взаємопов'язаних морфологічних та фізіологічних характеристик, зокрема, висоти рослин, міцності соломини, потужності кореневої системи, врожайності зерна та густоти продуктивного стеблостою тощо [7, 40, 61, 62].

У 1970–1990-х роках джерелами короткостебловості слугували зарубіжні сорти з невисокою вкороченою соломинною зі Швеції, ФРН та Польщі (Varne, Danae, Kungs, Kungs II, Pancerne, Petkuser Kurzstroh, Carstens, Dankowskie Zlote). Найціннішими донорами короткостебловості були сорти Petkuser Kurzstroh і Kungs II, що використовувались для створення короткостеблових сортів (120–140 см) Немчинівська 50, Вамбо, що вирощувались в Україні [63].

Проте інтеграція генома короткостебловості пов'язана з негативними ефектами, зокрема, низькою інтенсивністю розвитку кореневої системи, низькою зимостійкістю та морозостійкістю, підвищеною сприйнятливістю до хвороб тощо.

Основне завдання сучасної селекції щодо створення інтенсивних сортів і гібридів жита полягає у поєднанні зниження стеблостою рослини із високою продуктивністю. Потенціал врожайності сучасних інтенсивних сортів озимого жита сягає 7,0–9,0 т/га, що забезпечується середньою густотою продуктивного стеблостою 400–500 шт. стебел на 1 м<sup>2</sup> та середньою масою зерна з колосу 1,6–2,2 г. Стійкість до вилягання отримують за поєднання висоти рослин 80–120 см та міцності соломини нижніх міжвузлів на злам не менше 500–700 г [7].

Для комплексної оцінки стійкості морфотипів жита до полягання використовується формула В. Д. Кобилянського, що інтегрує окремі показники, зокрема висоту рослин, міцність соломини та масу колоса:

$$Cm = (M \times 3 / B) \times 10,$$

де: Ст – показник стійкості; М – міцність другого знизу міжвузля на злам; З – маса зерна з колосу; В – висота рослини; 10 – масштабний множник.

Показник стійкості до вилягання виражає об'єктивну здатність рослин протистояти виляганням за умови, що маса зерна з колосу перевищує 1 г. Для інтенсивних сортів сучасного жита цей показник становить 7–9 балів [7, 63–65].

Ознака короткостебловості, що визначає архітектуру рослини, є генетично детермінованою ознакою та успадковується індивідуально за генотипом. Генетична диференціація короткостебловості зумовлює необхідність адаптації методів селекції до специфічних донорів ознаки [7, 60, 64, 66].

Нині у селекційній практиці розрізняють чотири основні типи короткостебловості жита озимого:

1. Рецесивна короткостебловість з проміжним успадкуванням – поширений тип, використовується у селекції джерелом генетичного матеріалу. Донорами слугують сорти Kastro, Carstens, Danae (Німеччина), Kungs, Kungs II, Varne, Otello (Швеція), Dominant (Голландія), Pancerne, Dankowskie Zlote (Польща).

2. Карликовість, контрольована одним рецесивним геном плейотропної дії (сорт Московська карликова).

3. Гіллястостеблова карликовість, контрольована одним рецесивним геном широкої плейотропної дії (сорти Гіллястостеблова Алієва, Башкирська карликова).

4. Домінантна короткостебловість, контрольована одним домінантним геном (сорти ЕМ-1, К-10028 (Болгарія), «Малюк 72» та їх похідні) [66, 67].

Перший тип короткостебловості найпоширеніший у селекційних програмах, оскільки він забезпечує стабільні результати при гібридизації. На його основі створено більшість сучасних сортів Західної Європи, окремі сорти Канади та України (наприклад, «Вамбо», «Комбайніняй», «Схід 1»). За цього типу короткостебловості довжина стеблостою виявляє реципрокні відмінності та характеризується цитоплазматичною спадковістю, що підвищує доцільність використання у схемах гібридизації короткостеблових зразків материнською формою [7, 60, 61, 67, 68].

Наприкінці 1920-х років було вперше виділено карликові форми жита з рецесивними генами. В. І. та В. Ф. Антропови повідомляли про виділення карликових форм пшеничного типу за інбридингу жита. Б. Бейсенбієв виділив карликову форму з колосом пшеничного типу, а Ф. Т. Кондратенко створив сорт В'ятка з генотипом короткостебловості подібним до Московської карликової. Подібну короткостеблову архітектуру рослини було зафіксовано у чехословацькому сорті Детеницьке [7, 66, 67].

Карликові форми жита вирізнялись однорідність за низкою ботанічних і морфологічних ознак, що визначалось однаковою спадковою зміною. Рослини характеризувались низькою соломиною, щільним компактним колосом, невеликими листками, вкороченими колосковими й квітковими лусками та опуклими зернівками пшеничного типу [66–68]. Ці форми понад 25 років використовувалися донорами для створення короткостеблових сортів у різних селекційних програмах.

У 1967 р. було проведено реципрокні схрещування сорту Московська карликова з продуктивними крупнозерними сортами Сангасте (Естонія) та Nadmerslebener St. 228/47 (Німеччина). Гібриди  $F_1$  були однорідні за висотою, а в  $F_2$  спостерігалось розщеплення за ознакою у співвідношенні 3:1 на високостеблові та карликові форми. Серед понад 900 рекомбінантів не виявлено карликів з колосом, ідентичним високостебловим батьківським формам [66–69].

Статистичний аналіз підтвердив монофакторну природу карликовості. Встановлено, що карликовість зумовлюється одним рецесивним геном плейотропної дії, який зменшує розміри майже всіх лінійних органів рослини. Цей ген не належить до основних регуляторів висоти рослин. Незважаючи на виражену карликовість, ознака не отримала широкого використання у селекції, оскільки супроводжується дрібнозерністю, що знижує продуктивність культури [66–69].

Гіллястостеблову короткостебловість вперше було зафіксовано у 1947 р. Донором генів слугував зразок Гіллястостеблова Алієва. Ознака формувалась у нащадків за інбридингу або примусовому запиленні, зокрема, у сорту Харківське 60. Генотипи вирізнялись потворністю колосу, довільною гіллястістю, багатовузлістю стебла (понад 16 вузлів) та значною кількістю коротких листків, розташованих під гострим кутом до стебла [67, 68].

За гібридизації гіллястостеблових донорів з високостебловими формами у гібридів  $F_1$  отримували довгостеблові рослини, а у  $F_2$  спостерігалось розщеплення 3:1, що підтверджує моногенне успадкування рецесивної ознаки. Розщеплення гібридів, отриманих за схрещування двох карликових форм (Гіллястостеблова Алієва  $\times$  Московська карликова) дало чотири фенотипових класи, зокрема ультракарликові, що зумовлено гомозиготністю за двома незалежними рецесивними генами [7, 66–68].

Отримання домінантної короткостебловості у жита стало можливим завдяки пошуку аналогічних форм у пшениці м'якої (Тибет – Томпус, Південна Африка – Олсен Дварф). У 1967 р. серед нащадків від інбридингу В'ятка  $\times$  Kungs II було виділено короткостеблову форму ПМ-1 (70 см, великий продуктивний колос). Гібридизація ПМ-1 з високостебловими формами показала домінантний характер ознаки, а аallelну пару генів позначено  $H1/h1$  (сорт Namilus – низькорослий) [7, 66–68].

На початку XXI століття український селекціонер В. В. Скорик створив нові донори домінантної короткостебловості Гном-1, Гном-2, Гном-3 із середньою висотою рослини 50–60 см та 22–25 см, відповідно. Ці форми

дозволили знизити висоту рослин у 5,67 рази, зберегти продуктивність колосу та масу 1000 насінин до 72 г, а також забезпечити стійкість до борошнистої роси. Генетичний аналіз підтвердив контроль ознаки одним домінантним геном у гомозиготному або гетерозиготному стані [66–70].

### 1.2.3 Селекції жита на імунітет

Селекція на імунітет потребує знання генетичної стійкості. З цією метою в селекції жита весь вихідний матеріал апробують на природному фоні (а за можливості, і на інфекційному) на стійкість до найпоширеніших хвороб, зокрема борошнистої роси, бурої іржі, снігової плісняви тощо [7, 62, 71–73].

Снігова пліснява, збудником якої є *Microdochium nivale* (*Fusarium nivale*), належить до найшкодочинних хвороб жита озимого та попереджує реалізацію продуктивного потенціалу культури. Значні втрати врожаю внаслідок ураження посівів хворобою фіксують кожні два–три роки, що зумовлено специфікою її розвитку та погодними умовами зимового періоду [73–75].

Інфікування рослин жита відбувається зазвичай на ранніх етапах онтогенезу – після проростання зерна, що призводить до часткової або повної загибелі проростків. Візуальні симптоми хвороби проявляються навесні, на завершальній стадії розвитку патогену. На листовій поверхні формується пухкий павутиноподібний наліт сіруватого, а згодом рожевого забарвлення, що супроводжується руйнуванням тканин, хлорозом та подальшим відмиранням листків. Активний розвиток *M. nivale* у посівах культури відбувається в зимовий період за умов тривалого снігового покриву або під час м'яких безсніжних зим із частими і тривалими відлигами, які створюють сприятливий мікроклімат для патогену [73].

Незважаючи на активні селекційні дослідження, спрямовані на створення вихідного матеріалу з генетично зумовленою стійкістю до снігової плісняви, нині не ідентифіковано жодного морфотипу жита з чітко детермінованою спадковою резистентністю до *Microdochium nivale*. Це зумовлено, зокрема, широким спектром рослин-живителів патогену, який

уражує не лише жито, а й пшеницю, овес, тритикале, тимофіївку, грястицю, райграс та інші злакові культури. Для збудника характерна відсутність вузької спеціалізації та чітко ідентифікованого, стабільно успадкованого генетичного контролю стійкості, що унеможливорює формування вертикальної резистентності [74–76].

У зв'язку з цим у селекції жита озимого реальним є формування популяцій із підвищеним рівнем неспецифічної, або пасивної, стійкості, яку також визначають як витривалість (толерантність) до ураження сніговою пліснявою [28, 63, 64, 76].

Доведено, що пасивна стійкість жита до *Microdochium nivale* зумовлюється комплексом генетичних систем, що контролюють формування щільності стеблостою на різних етапах росту й розвитку рослин. Вирішальне значення для реалізації цього механізму мають гени, що регулюють інтенсивність весняного відновлення вегетації та коефіцієнт продуктивної кущистості. Кількість продуктивних стебел на одиницю площі розглядається інтегральним тест-показником толерантності до збудника, натомість коефіцієнт екологічної пластичності відтворює загальний рівень адаптивної стійкості генотипів за різних умов вирощування.

Вченими Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН розроблено і запатентовано спосіб отримання популяцій жита озимого, що мають стійкість до снігової плісняви. Він ґрунтується на доборі пар для гібридизації – не імунних, що враховуючи біологію збудника нині неможливо, а здатних долати наслідки ураження [63, 73].

Борошниста роса (*Blumeria graminis* f.sp. *secalis*) є однією з найпоширеніших грибкових хвороб жита озимого, проте порівняно зі сніговою пліснявою вона характеризується дещо нижчим рівнем шкодочинності. За сприятливих умов для розвитку патогену ураження рослин відбувається в період від фази кущення (ВВСН 21–25) до молочної стиглості зерна (ВВСН 71–79). Згідно даних вчених, втрати врожаю

варіюють від 17 % у диплоїдних сортів до 47 % у тетраплоїдних форм [62–66, 73, 76, 77].

Встановлено, що шкодочинність борошнистої роси у короткостеблових сортів і гібридів жита вдвічі нижча, ніж у високостеблових форм. Уражені рослини мають низьку озерненість колосу та масу 1000 насінин, що безпосередньо впливає на реалізацію продуктивного потенціалу культури [7, 63, 73].

Дослідження показали, що у популяціях жита присутні окремі генотипи з високим рівнем стійкості до борошнистої роси [7, 73]. Повний імунітет контролюється моногенно домінантним геном *Er/er*, де гомозиготний стан *Er/Er* забезпечує стійкість рослин від сходів (ВВСН 11) до колосіння (ВВСН 51). Саме тому для селекційних програм джерела стійкості до *V. graminis* доцільно відбирати серед культурних сортів, оскільки використання диких форм супроводжується інтродукцією небажаних ознак [7, 58, 61].

Оцінку стійкості відібраних ліній проводять у польових умовах на природному та контрольованому інфекційному фоні. Для прискорення селекційного добору використовують також методику штучного зараження рослин у теплицях, розроблену в лабораторії селекції жита Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН [73]. Використання таких підходів дає змогу ефективно ідентифікувати донори генів стійкості до патогенів для створення сортів-синтетиків і гібридів  $F_1$  з високим рівнем реалізації продуктивного потенціалу та стійкістю до борошнистої роси.

Підвищену шкодочинність на посівах жита озимого спричинюють збудники бурої (*Puccinia recondita*) та стеблової іржі (*Puccinia graminis* f.sp. *secalis*). Дослідження підтверджують, що втрати врожаю від бурої іржі можуть сягати до 32,3 % за масою 1000 насінин та 55,6 % – за масою зерна з колосу. Для стеблової іржі аналогічні показники складають 22,1 і 35,5 %, відповідно. Більшість сортів-популяцій жита озимого характеризуються низькою стійкістю рослин, що становить від поодиноких рослин до 5–10 %. Повністю імунних сортів до цих хвороб не створено. У колекції

Національного центру генетичних ресурсів рослин зберігається низка сортів та зразків із відносно високим рівнем стійкості до іржі, зокрема, Альфа, Харківське 55, Харківське 60, Ярославна, Саратовське 6 [73].

Дослідженнями підтверджено, що за проведення екзотичних кросів із залученням диких форм жита гібриди успадковують від примітивного родича не лише бажані ознаки стійкості, але й низку негативних властивостей. Тому у селекційних програмах для створення високорезистентних зразків жита віддають перевагу стійким культурним генотипам, виділених із сортів. Вони слугують вихідним матеріалом для отримання стійких ліній [7].

Генетичний контроль стійкості до бурої іржі реалізується аналогічно як і для борошністої роси – за беккросування. Стійкість чи сприйнятливість рослин до бурої іржі контролюється моногенно геном *Rd/rd*, однак експресія цих генів і взаємодія з іншими генами повністю не вивчені. У зв'язку з цим селекційні програми передбачають проведення значної кількості схрещувань (до 400–500) для ефективного виділення стійких генотипів. На дослідних ділянках ураження рослин фіксують до та після цвітіння (ВВСН 60+), що значно ускладнює селекційний процес і потребує ізоляції значної кількості рослин до початку цвітіння для добору стійких форм. Польова оцінка залишається єдиним ефективним методом виділення стійких генотипів у вітчизняних селекційних установах [57, 63, 73].

У Інституті рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН донором генів для створення стійких до іржі ліній жита використовують польський сорт СНО-285, що створений на основі високоімунної лінії 851. Проблема стійкості до іржових хвороб загострилася у зв'язку із селекцією на короткостебловість.

Сильне ураження бурою іржею особливо характерне для короткостеблових форм жита, де за умов епіфітотій можливе значне або повне знищення врожаю. Водночас зміна архітекtonіки стебла у короткостеблових форм сприяють зменшенню шкодочинності стеблової іржі порівняно з іншими хворобами, оскільки укорочення міжвузлів зменшує

частку непокритого листовими піхвами стебла. Високостеблові форми культури, навпаки, інтенсивніше уражуються *Puccinia graminis* f.sp. *secalis*.

За використання нових донорів стійкості до іржових хвороб особливу увагу приділяють підтриманню їх генетичної чистоти. Оскільки жито є самонесумісною культурою, застосування спеціальних методів збереження донорів генів є обов'язковим. Е. Б. Мейсон виділяв імунні форми жита, однак відсутність самофертильних ліній призвела до втрати цінних донорів [57, 63, 73].

Септоріоз листя (*Septoria tritici. graminicola.*) – одна з найшкодочинніших грибкових хвороб культури, що суттєво впливає на врожайність та якість зерна культури. Втрати урожаю внаслідок ураження септоріозом спостерігаються щорічно, особливо за умов підвищеної вологості в період вегетації та щільності посіву [7, 73].

Інфікування рослин жита відбувається на етапі активної вегетації – від фази кущіння (ВВСН 21) до початку молочної стиглості зерна (ВВСН 71). На листках і листових обгортках колосків з'являються округлі або овальні некротичні плями з темно-коричневим облямуванням, всередині яких формуються пікнідії патогену. Інтенсивне поширення септоріозу призводить до хлорозу та передчасного відмирання листків, зниження коефіцієнта асиміляційної поверхні і, як наслідок, до зменшення маси та якісних показників зерна.

Патоген має широкий спектр рослин-господарів окрім жита, зокрема, пшениця, тритикале, овес. Це ускладнює отримання стабільної генетичної стійкості рослин. Серед сортів жита не виділено морфотипів з повною вертикальною резистентністю до септоріозу [63, 64, 73, 76, 77].

У селекційній практиці основний акцент спрямовано на формування популяцій із пасивною стійкістю – толерантних генотипів, здатних зберігати продуктивність за умов високого патогенного тиску. Основна стійкість до септоріозу формуються під дією комплексу кількох генів, що контролюють реакцію рослини на інфекцію на різних етапах онтогенезу рослини.

Генетичні ефекти можуть бути адитивними, що дає змогу за селекції поступово накопичувати стійкі алелі [78, 79].

Доведено, що рівень пасивної стійкості до септоріозу визначається комплексом генетичних систем, що контролюють щільність стеблостою, швидкість росту листків і колосів суцвіття, а також інтенсивність фотосинтетичної активності на різних етапах онтогенезу. Важливими селекційними критеріями є площа та інтенсивність асиміляційної поверхні, швидкість відновлення вегетації після ураження та коефіцієнт продуктивної кущистості. Показник ураження листків й колосу та коефіцієнт екологічної пластичності генотипу використовуються як інтегральні тест-параметри стійкості до септоріозу [65].

Виділення і залучення до селекційного процесу джерел і донорів генів стійкості до хвороб дасть змогу створювати сорти-синтетики та гібриди  $F_1$  жита озимого, що поєднують високий рівень врожайності, технологічну якість зерна та комплексну толерантність до низки патогенів. Це забезпечить стабільне виробництво зерна в різних агроекологічних зонах без збільшення посівних площ під культурою.

### **1.3 Явище гетерозису та інбридинг в селекції жита озимого**

Гетерозис (гібридна сила) є одним із базових інструментів сучасної селекції та насінництва сільськогосподарських культур і широко використовується на соняшнику, кукурудзі, сорго, житі, ячменю, цибулі, томатах, буряку тощо [80, 81]. У зернових культур використання гетерозису вважається економічно доцільним за умови, що рівень гетерозисного ефекту перевищує 20 %, що забезпечує істотне зростання врожайності порівняно з батьківськими компонентами [81, 82]. Водночас економічними розрахунками доведено позитивний виробничий ефект і за нижчого рівня гетерозису – від 10 % [81–83]. Максимальні значення гетерозисного ефекту гібридів першого покоління ( $F_1$ ) можуть сягати 52 % [81, 82].

У виробництві використовують гібриди  $F_1$ , оскільки саме в цьому поколінні реалізується повний комплекс гетерозисних проявів, зумовлений високим рівнем гетерозиготності та комплементарною взаємодією алелей. У наступних поколіннях ( $F_2$ – $F_4$ ) внаслідок сегрегації та рекомбінації генів відбувається різке зниження рівня гетерозису, що впливає на зниження продуктивності за виробничого використання [7, 83, 84].

Вперше явище гетерозису були описано І. Г. Кельрейтером [7, 84], який у 1760 році за міжвидової гібридизації махорки та тютюну мітелкового отримав життєздатні гібриди з підвищеною силою росту порівняно з батьківськими формами. Учений не лише описав перевагу гібридів  $F_1$ , а й розробив методологічні підходи до отримання гібридного насіння першого покоління, а також висловив гіпотезу щодо універсальності використання гетерозису в селекції інших культур [7, 82, 84].

Ч. Дарвіна у 1876 році експериментально обґрунтував домінування та підвищену життєздатність гібридів  $F_1$  порівняно з вихідними формами, що стало підґрунтям для подальшого розвитку теорій гетерозису [85].

Практичне застосування принципів гетерозисної селекції було обґрунтовано в роботах D. Will, який у 1878 році в Мічиганському сільськогосподарському коледжі провів міжсортову гібридизацію кукурудзи. У результаті було отримано гібриди  $F_1$  з підвищеною продуктивністю на 10–15 % порівняно з батьківськими сортами. Проте відсутність стабільних систем насінництва та технологічних рішень не дало змоги впровадити теорію у виробництво [7, 84].

Термін «гетерозис» було запропоновано G. H. Shull з метою стандартизації генетико-селекційної термінології, уникнення невизначеності та як альтернатива поняттю «гібридна сила» [86].

Використання гетерозисного ефекту під час створення гібридів першого покоління ( $F_1$ ) та сортів-синтетиків є одним із основних досягнень сучасної селекції. Реалізація гетерозису в селекційних програмах забезпечує

істотне підвищення рівня продуктивності, а також покращення адаптивності рослин до дії біотичних і абіотичних чинників середовища [81].

Гетерозисний ефект розглядають як сукупний прояв генетичних механізмів, що зумовлюють перевагу гібридів  $F_1$  над батьківськими формами за комплексом господарсько цінних ознак. За використання гетерозису в селекції сільськогосподарських культур забезпечується підвищення продуктивності на 10–30 % [80, 81]. Встановлено, що інтенсивність прояву гетерозису визначається низкою чинників, зокрема, рівень плідності, тип гібридизації, генетична дистанція між батьківськими компонентами, генотип вихідного матеріалу, агроєкологічні умови вирощування та метеорологічні чинники тощо [81, 85].

На молекулярному рівні гетерозисний ефект пояснюють, зокрема, ізоферментною гіпотезою, відповідно до якої у клітинах гібридів  $F_1$  поєднуються різні алельні варіанти генів, що кодують функціонально подібні ферменти (ізоферменти). Таке поєднання забезпечує ширший діапазон біохімічної адаптації до змін зовнішніх і внутрішніх умов середовища. Згідно з цією гіпотезою, оптимальна життєздатність організму досягається за певного набору ізоферментів, натомість їх втрата або заміна звужує межі екологічної пластичності. У процесі гібридизації у гібридів  $F_1$  відбувається адитивне поєднання ізоферментних систем обох батьківських форм, що за сприятливої комплементарності призводить до прояву гетерозису. Водночас практичне застосування цієї гіпотези не завжди забезпечує стабільні результати селекційного процесу [88].

Незважаючи на значний обсяг експериментальних даних, сучасна генетика не має єдиної універсальної теорії, яка б повністю пояснювала всі прояви гетерозисного ефекту. Нині запропоновано кілька концепцій, що розкривають окремі аспекти цього явища [89].

Гіпотеза домінування трактує гетерозис як результат кумулятивної дії сприятливих домінантних алелей, отриманих гібридом від обох батьківських форм. Зниження життєздатності та прояв інбредної депресії у поколіннях  $F_2$  і

наступних, пояснюють фенотиповою реалізацією несприятливих рецесивних алелей у гомозиготному стані. Додатково гетерозис може посилюватися внаслідок епістатичної взаємодії генів, за якої домінантні неалельні гени пригнічують негативний вплив рецесивних алелей. Водночас теорія домінування не дає вичерпного пояснення високого рівня гетерозису у складних міжлінійних комбінаціях, зокрема  $[(A \times B) \times (C \times D)]$  [90].

Альтернативною є гіпотеза наддомінування (гіпотеза гетерозиготності), запропонована Е. М. East та Н. К. Hayes, згідно з якою гетерозисний ефект зростає зі збільшенням кількості локусів, що перебувають у гетерозиготному стані, за якого гетерозигота ( $Aa$ ) перевищує за фенотиповим проявом обидві гомозиготи ( $AA < Aa > aa$ ) [84, 91].

Однією з найпопулярніших у генетичній селекції є гіпотеза додаткових факторів, що враховує ефекти не лише домінантних і напівдомінантних, але й рецесивних генів. Ця гіпотеза розглядає комплементарну взаємодію алельних та/або неалельних генів і їх блоків на різних етапах онтогенезу рослини або популяції. Відомо, що гетерозис може проявлятися за взаємодії алельних та неалельних генів, тобто гетерозиготність не гарантує прояв гетерозису, а гомозиготність – не виключає його [84, 85, 92].

Згодом G. Holden та E. Mather запропонували гіпотезу генетичного балансу, що пов'язує гетерозисний ефект з оптимальним співвідношенням генів у гібридів. Прихильники цієї теорії підкреслюють адаптивне значення такого балансу, який формується в процесі еволюції. Проте теорія не пояснює прояв гетерозису за схрещування географічно віддалених форм, у яких генетичний баланс порушено [91, 92].

У жита перше гетерозис було зафіксовано в 1910 році. L. Steglich, схрещуючи інбредні лінії культури, встановив, що врожайність зерна у гібридів  $F_1$  перевищує рівень продуктивності батьківських форм [93]. Пізніше аналогічні результати підтвердив С. Fruwirth [94]. Дослідження К. Rumker і R. Liedner (1914) та G. Stroman (1923) показало істотний гетерозисний ефект рослин за продуктивністю [95, 96].

J. Bredemann, W. Heuser і Г. П. Максимчук за гібридизації інцухт-ліній жита гібридні отримали в поколінні  $F_1$  і  $F_2$  перевищення за продуктивністю батьківські компоненти, проте в  $F_3$ – $F_4$  ця перевага нівелювалася [97]. Дослідники R. F. Peterson, B. D. Leith, H. L. Shande, Н. В. Рудніцкий, І. Е. Глущенко, К. А. Глухих вивчали закономірності міжсортового перезапилення жита, а А. Muntzing спостерігав гетерозис у різних комбінаціях  $F_1$  на рівні 8,0 %. П'ятирічні дослідження з сортами Тулунська зеленозерна, В'ятка, Авангард і Петкус дозволили отримати гібрид, що перевищував районовані сорти за врожайністю на 16,0 % [98–100].

С. Хаан зазначав, що високий приріст врожайності зернових можливий за гібридизації зразків із стабільно високою продуктивністю. Основними чинниками підвищення продуктивності є мелика маса зерна з колосу та маса 1000 насінин. Для інтенсифікації гетерозисного ефекту важливо оптимально підбирати партнерів для схрещування та виділяти лінії, що контролюють успадкування основних продуктивних ознак [101].

Ф. Бауер у своїх роботах застосовував метод реципрочно-рекурентної селекції, що дозволив підвищити продуктивність жита з одночасним збереженням короткостебловості [81].

#### **1.4 Основні положення селекції сортів-синтетиків жита озимого**

У вітчизняній та зарубіжній літературі термін «синтетик» означає змішаний матеріал, отриманий на завершальному етапі кожного циклу періодичного добору. З точки зору селекції, синтетичні популяції – це популяції, вирощені в селекційному розсаднику, а синтетичний сорт – це синтетична популяція, попередньо отримана у розсаднику з наступним перенесенням у виробництво.

Процес створення сорту-синтетика передбачає поєднання генетичного матеріалу, створеного за вільного перезапилення інбредних ліній, сибсів, клонів та інших вихідних компонентів [102, 103].

Для низки культур ще не розроблено ефективних методів отримання гібридного насіння через контрольоване схрещування. Жито озиме відноситься до таких культур. У цьому випадку необхідно розробляти методи індукування та використання гетерозису, що забезпечить отримання гібридного насіння через вільне перезапилення та прояв гетерозисного ефекту протягом кількох поколінь [104, 105].

Сучасні селекційні програми зі створення сортів-синтетиків перехреснозапильних культур базуються на доборі генотипів з високою комбінаційною здатністю. Синтетичний сорт є штучно створеною генетичною структурою, яка періодично оновлюється та формується з батьківських компонентів, що зазнають тривалого селекційного поліпшення за кількісними та якісними показниками [104, 105].

Зацікавленість вчених у створенні сортів-синтетиків у США спостерігали після упровадження у промислове виробництво синтетичних сортів та гібридів першого покоління ( $F_1$ ) кукурудзи. Синтетичні сорти використовували у виробничих посівах переважно в периферійних регіонах кукурудзяної зони, де потенціал урожайності був недостатнім для економічно доцільного застосування гібридного насіння [30, 32, 61, 67].

Методика створення сортів-синтетиків жита озимого, що базується на явищі самонесумісності, має свою специфіку. Популяції такого типу мають низку переваг порівняно зі звичайними синтетичними популяціями. Самонесумісність жита озимого має складну генетичну основу, і тому гібридизація батьківських компонентів із високою комбінаційною здатністю дає змогу мінімізувати негативні наслідки інцухту за формування кількісних ознак [105, 106].

Насінництво сортів-синтетиків жита передбачає окреме розмноження батьківських компонентів та періодичне відновлення вихідної генетичної структури сорту. Під час селекції та первинного насінництва необхідно контролювати співвідношення самосумісних і самонесумісних генотипів за врахування екологічних умови вирощування [104–106].

Селекційним обмеженням при створенні інбредних ліній жита є генетично закріплена самонесумісність рослин. Це ініціювало проведення досліджень щодо аналізу природи несумісності та виділення самофертильних форм, що дає змогу оцінювати несумісність на генетичному рівні.

Відомо два типи несумісності – спорофітний і гаметофітний. У жита гаметофітний тип, що зумовлений незалежною дією S-алелей пилку та стовпчику без домінування. На генетичному рівні він контролюється множинними алелями  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$  тощо. Сумісність або несумісність запилення визначається поєднанням S-алелей стовпчика (диплоїдного) та пилкового зерна (чоловічого гаметофіту). Якщо пилкове зерно містить S-алель, ідентичну алелі стовпчика, ріст пилкової трубки пригнічується. Тобто, сумісність забезпечується гетерозиготністю S-алелей стовпчика та пилку [106–108].

Аналіз численних популяцій показав, що до 1,0 % рослин за інбридингу формують достатню кількість насіння (до 40 зерен на колос). Гібридизація самофертильних морфотипів поміж собою зменшує прояв самостерильності. Це дає змогу ефективніше формувати вихідний матеріал для гетерозисної селекції жита озимого, застосовуючи метод інцухту. Унаслідок цього у фіксовані терміни можна оцінити потомство та отримати необхідну кількість селекційного матеріалу із запрограмованими ознаками [104–109].

Чистий лінійний матеріал отримують за безперервного інбридингу з наступним добором ліній серед нащадків. Процес створення інбредних ліній є складним у гетерозисній селекції жита, оскільки ознаки, контрольовані рецесивними генами, зазвичай, пригнічуються за інбридингу. Тому селекційний добір за фенотиповим у таких випадках проводити небажано.

Селекцію жита ускладнено через необхідність підтримання оптимальної життєздатності матеріалу, його високої комбінаційної здатності, а також властивості закріплювати стерильність чи відновлювати фертильність рослини [86, 108, 109].

### 1.4.1 Принципи моделювання сортів-синтетиків за зміни архітектоніки рослини

За моделювання перспективних синтетичних сортів жита слід дотримуватися низки основних селекційно-генетичних принципів:

- забезпечення високого рівня стабільної продуктивності, тобто середньої генетично детермінованої врожайності за роками;
- пластичність генотипу, тобто його здатність до адаптивної реакції на різні агроекологічні умови та агротехнічні заходи;
- висока реалізація продуктивних ознак, що формуються на рівні морфотипу та генотипу;
- стійкість до біотичних чинників, тобто наявність генетично закріпленого імунітету або толерантності до основних збудників хвороб і шкідників;
- технологічність сорту, що має оптимальну морфо-фізіологічну структуру для механізованого вирощування і збирання врожаю [105, 106, 109].

Ідеально, щоб усі зазначені ознаки реалізовувалися у межах генотипічної норми реакції, хоча на практиці повністю збалансувати всі селекційні пріоритети неможливо. Кожен генотип – складна інтегрована система, де інтенсифікація одного процесу може призвести до компенсаційного зниження іншого [109, 110].

Перші спроби формалізувати генотипічні моделі сорту жита озимого було зроблено німецькими селекціонерами S. Hahn, P. Dill, H. W. Müller та A. Winkel., S. Hahn. На основі регресійного аналізу врожайності різних морфотипів, прогнозували генетичну варіабельність потенціалу врожайності до 8,0 т/га, зосереджуючи увагу на підвищенні продуктивності рослини як комплексної ознаки, натомість структуру посіву оптимізували через агротехнічні прийоми [111, 112].

P. Dill, H. W. Müller і A. Winkel пропонували створювати короткостеблові морфотипи, що дає змогу підвищити щільність продуктивних пагонів до 500 шт./м<sup>2</sup>. Маса зерна з одного колосу планувалася

до 2 г через збільшення маси окремої зернівки, що дозволяло потенційно досягти врожайності 10,0 т/га [113].

Сучасні підходи передбачають інтеграцію генетичного картування ознак, фенотипування та математичне моделювання, що дає змогу прогнозувати ефективність комплексного поєднання ознак у нових генотипах та оцінювати їх адаптивну реакцію у різних агроєкологічних умовах [105–109].

Існування діючих моделей сорту вчені пояснюють здатністю до інтуїтивного прийняття рішень у процесі комбінування ознак. Чим більший досвід селекціонера, тим ближче його інтуїтивне рішення до генетично оптимального поєднання ознак. Сучасні підходи управління селекційними програмами пропонують застосовувати метод експертних оцінок, що полягає в математичному узагальненні фенотипічного та генетичного досвіду колективу експертів. Нині єдиною можливим підходом залишається емпіричне моделювання генотипічного потенціалу, що базується на узагальненні результатів селекційних випробувань, виробничого досвіду та екстраполяції тенденцій розвитку продуктивних ознак у нових генотипах [102, 105, 106].

За оцінкою Hammer G., S. Chapman і Van Oosterom, при розробці моделі сорту необхідно враховувати фізіологічну структуру генотипу та її генетичну детермінованість. Фізіологи повинні формувати аналітичну складову моделі, забезпечуючи її біологічну обґрунтованість, за урахування принципів фізіології росту та розвитку, через які реалізуються всі інші продуктивні функції. За побудови моделі сорту важливе значення мають:

- визначення оптимальних пропорцій між фотосинтезуючими (листки, пагони) і генеративними (зернівка, колос) органами;
- регуляція росту окремих органів і конструювання генотипів з визначеним фенотипічним профілем;
- забезпечення генетично обґрунтованої стійкості та фенотипічної пластичності до абіотичних і біотичних стресорів;

- поєднання високого потенціалу продуктивності з надійністю та стабільністю прояву ознак [114].

Розробка моделі породжує конкретні селекційно-генетичні питання, на які можна відповісти лише за спеціалізованих експериментальних досліджень окремого генотипу. Мета досліджень залежить від актуальності невирішених проблем фізіології рослин, їх прямого впливу на селекційний процес, а також від генотипічного складу вихідного матеріалу та характеру його спадкових ознак [102, 103, 105, 109].

#### **1.4.2 Критерії оцінки селекційного матеріалу жита за створення нових морфотипів**

Напрямок адаптивної селекції залишається нині пріоритетним. Найефективніший спосіб знизити залежність від варіюючих ґрунтово-кліматичних умов, абіотичних стресів та можливих змін клімату – це генотипічна адаптація. Саме цей принцип закладено вимогами до конструювання агроєкосистем, де генотип повинен домінувати над середовищем [115, 116].

Принципи фізіологічного обґрунтування моделі сорту поєднують:

- зональність. У сорто-моделі продуктивність повинна бути пов'язана з конкретними умовами вирощування. Значення певного напрямку селекції визначається його лімітуючим впливом у конкретній зоні. Багаторічні дослідження показали тісний зв'язок фенотипічної продуктивності зернових культур із умовами росту та розвитку рослини. Показники, зокрема, довжина колосу, висота рослини, продуктивна куцистість, кількість квіток і зерен у колосі, є результатом складних фізіологічних і біохімічних процесів, що реалізуються впродовж онтогенезу [116, 117]. Рівень забезпеченості рослин поживними речовинами та фактори середовища визначають інтенсивність і спрямованість цих процесів [118]. Абіотичні чинники суттєво впливають на формування продуктивності, зокрема, оптимальна перезимівля та сприятливі весняно-літні умови підвищують врожайність жита озимого [119];

- множинність і єдність моделей. Оптимальний рівень адаптивності генотипу може бути досягнуто різними способами. Реалізація механізму компенсації ознак забезпечує можливість нівелювання зниженого прояву окремих елементів продуктивності за рахунок оптимальної реалізації інших господарсько-цінних ознак. Під час формування селекційної моделі доцільно виокремлювати загальні закономірності, притаманні сукупності сортів конкретного регіону, уникаючи надмірної деталізації кількісних параметрів індивідуальних ознак. Рекомендується визначати напрям еволюційних змін ознак і обґрунтовувати їх кількісні характеристики лише в тих випадках, де це є методично можливим та біологічно й економічно доцільним;
- орієнтація на типову рослину. Рекомендації мають ґрунтуватися на результатах апробації, отриманих у ґрунтово-кліматичних та агротехнологічних умовах, максимально наближених до виробничих;
- вихідні статистичні ознаки. Ознаки, що детермінують продуктивність рослин, належать до динамічно мінливих і складно контрольованих кількісних параметрів. У зв'язку з цим доцільним є встановлення їх кореляційно-функціональних взаємозв'язків з маркерними ознаками, що легко ідентифікуються, зокрема морфологічними та анатомічними. За такого підходу ефективним є застосування принципу селекційного аналізу «від фізіології до морфології» або навпаки;
- історичний і ретроспективний аналіз. Використання даних про еволюційно-селекційну динаміку ознак дає змогу прогнозувати доцільність і потенційну можливість їх подальшої трансформації в процесі селекційного вдосконалення.

Модель сорту повинна ґрунтуватися на характеристиці ґрунтово-кліматичних та агротехнологічних умов вирощування, для яких створюється сорт, за науково обґрунтованого підтвердження реалізації його потенціалу врожайності; комплексному описі всіх селекційно цінних та господарських ознак; доказах об'єктивності добору та селекційної перспективності

визначених ознак; генетичному аналізу ознак за оцінкою рівня їх спадковості, характеру мінливості та генотипічного потенціалу; аналізу джерел походження та донорів генів окремих ознак [103, 105, 116–121].

Придатність сорту до вирощування в конкретній зоні оцінюється на основі показників стабільності врожайності та її компонентів. Це обґрунтовує доцільність створення високопродуктивних пластичних генотипів, що мають максимально високий нижній поріг продуктивності, що сприяє стабілізації врожайності за несприятливих умов. Історія селекції свідчить, що основною метою є підвищення потенційної та реальної врожайності, які тісно взаємопов'язані. Поєднання високої продуктивності зі стійкістю до абіотичних і біотичних стресів є реальним, оскільки реалізується через різні, нерідко незалежно успадковані механізми адаптивних реакцій [122–124].

За добору вихідного матеріалу жита для підвищення продуктивності в процесі моделювання слід керуватися принципом багатоваріантності рішень основного завдання – підвищення врожайності [125]. Обмеження рамками детально описаної моделі доцільне лише у випадку, якщо значення ознак перевірені експериментально та підтверджені моделюванням. Необхідно враховувати також, що однаковий рівень врожайності можна досягти різними способами: збільшенням кількості зерен на одиницю площі або маси зернівки за сталої кількості насінин; збільшенням кількості продуктивних стебел або маси зерна з колосу за сталої кущистості.

Вибір способу залежить від досягнутого екологічного максимуму конкретного елемента продуктивності та чи є вихідний матеріал джерелом генів визначеної ознаки [120, 121, 125].

### **1.5 Використання цитоплазматичної чоловічої стерильності в селекції жита**

Застосування цитоплазматичної чоловічої стерильності (ЦЧС) забезпечує повнішу реалізацію гетерозисного ефекту, оскільки сприяє

контрольованому формуванню гібридного насіння й створенню генотипів з високим рівнем продуктивності та поліпшеними господарсько-цінними ознаками. За використання ЦЧС значно спрощується контроль процесів запилення та усувається необхідність кастрації квіток, що спрощує процес отримання гетерозисних гібридів [128–132].

Уперше явище цитоплазматичної чоловічої стерильності було описано у 1904 році Корренсом у *Satureja hortensis* L. Згодом, у 1921 році, W. Bateson і A. E. Gairdner ідентифікували ЦЧС в льону, а Н. А. Jones і А. Е. Clarke у 1924 році вперше зафіксували її у цибулі. У 30-х роках ХХ століття дослідження ЦЧС набули системного характеру у США, що сприяло впровадженню цього явища в практику гібридної селекції [133–136].

Незважаючи на значний обсяг експериментальних даних, у сучасній науці відсутня єдина концепція щодо походження ЦЧС. Нині розглядається кілька альтернативних гіпотез, зокрема що, ЦЧС має спонтанне походження і виникає внаслідок мутацій цитоплазматичного геному. На користь цієї гіпотези свідчить вирізнання стерильних рослин з популяцій фертильних сортів, ліній і форм без цілеспрямованого селекційного впливу. Припускають, що в процесі мутагенезу нормальна цитоплазма трансформується у стерильну. Спонтанну (мутантну) ЦЧС було ідентифіковано у 19 перехреснозапильних культур, зокрема у жита, соняшнику, кукурудзи, цукрового буряку, люцерни, бобів, моркви тощо [137–142].

Інша гіпотеза пов'язує виникнення ЦЧС із процесами гібридизації. За численних досліджень явище цитоплазматичної чоловічої стерильності було зафіксовано за внутрішньовидової гібридизації. Це пояснюється взаємодією специфічних плазмогенів однієї батьківської форми з рецесивними алелями ядерних генів іншої, що призводить до формування у поколінні  $F_2$  окремих генотипів з ЦЧС. Подібні явища спостерігали у кукурудзи, сорго, африканського проса, а за віддаленої гібридизації – у картоплі та тютюну [139–142].

У жита явище цитоплазматичної чоловічої стерильності уперше було ідентифіковано у 1954 році. Е. Д. Putt вирізняв стерильні за пилком рослини в кількох поколіннях ліній CP-9 і CP-14, створених за використання сортів Germany і Minnesota. Встановлення плазмоядерної природи чоловічої стерильності у жита стало методологічною основою для розробки гетерозисних селекційних програм і впровадження системи контрольованого отримання гібридного насіння  $F_1$  [143].

На сучасному етапі розвитку гетерозисної селекції жита на практиці використовують два типи цитоплазматичної чоловічої стерильності – Р-тип і R-тип, що відрізняються особливостями плазмоядерної взаємодії і генетичними механізмами контролю фертильності та стерильності [144].

R-тип ЦЧС детально охарактеризований В. Д. Кобилянським у 1962–1969 рр. Його ідентифіковано у сортів східноєвропейської екологічної групи. Генетичною особливістю цього типу є висока частка домінантних ядерних генів-відновлювачів фертильності ( $Rf$ ) у генофонді популяцій, що зумовлює нестійкий прояв стерильності материнських компонентів. У 1970 році в Університеті Гогенгайма (Німеччина) Н. Н. Geiger і F. W. Schnell виділили ЦЧС Рапра-типу, донором стерильної цитоплазми якого був аргентинський сорт Рапра. Для Р-типу характерна підвищена концентрація рецесивних алелей генів-закріплювачів стерильності, що забезпечує стабільний прояв чоловічої стерильності у материнських лініях і визначає його пріоритетне використання в промисловому насінництві гібридного жита [69, 80, 145, 146].

Генетичний контроль ЦЧС R-типу реалізується через взаємодію стерильної цитоплазми з одним рецесивним ядерним геном у гомозиготному стані ( $rf_1rf_1$ ), натомість, відновлення фертильності забезпечується домінантним алелем  $Rf_1$  у гомо- ( $Rf_1Rf_1$ ) або гетерозиготному стані ( $Rf_1rf_1$ ). ЦЧС Р-типу характеризується складнішою плазмоядерною системою, за якої чоловіча стерильність зумовлюється двома парами рецесивних генів ( $rf_1rf_1$ ,  $rf_2rf_2$ ), а повне відновлення фертильності можливе лише за наявності двох пар

домінантних генів-відновлювачів ( $Rf_1Rf_1$ ,  $Rf_2Rf_2$ ). Саме Р-тип є найпоширенішим у світовій практиці гетерозисної селекції жита [147, 148].

Поряд із класичними типами нині описано до п'ятнадцяти типів цитоплазматичної чоловічої стерильності жита, зокрема С-, G-, I-, M-типи та інші, що перебувають на різних етапах селекційного апробування [144]. Слід зазначити, що нині ЦЧС G-типу активно використовується в селекційних програмах Німеччини [144, 149].

G-тип ЦЧС було виділено в популяції сорту Schlagler alt. Рецесивний ядерний ген, що детермінує цей тип стерильності, є алельним до генів С- та R-типів. Гібриди жита, створені за використання G-типу, характеризувалися підвищеною резистентністю до ураження ріжками. У 2000 році фертильний аналог – закріплювач стерильності, зареєструвано під назвою Guelzower 1. На його основі створено гібрид жита озимого Novus, який став першим комерційним гібридом із генетично детермінованою стійкістю до борошнистої роси. Встановлено, що G-тип забезпечує майже повне відновлення фертильності у більшості гібридних комбінацій культури [144, 149, 150].

Порівняльна селекційно-генетична оцінка гібридів  $F_1$ , створених на основі Р- та G-типів, засвідчила, що Р-тип асоціюється з підвищеною зимостійкістю, адаптивністю та стійкістю до бурої і стеблової іржі, натомість гібриди на основі G-типу переважають за рівнем урожайності та резистентністю до проростання зерна в колосі [144, 149–151].

Розроблено селекційно-генетичну модель формування генетичної системи контрольованого розмноження (ГСКР), що забезпечує за використання ЦЧС цілеспрямоване отримання гібридного насіння  $F_1$  жита. ГСКР ґрунтується на взаємодії трьох генетично детермінованих компонентів, зокрема, стерильної материнської лінії (А-лінії), фертильного аналога – закріплювача стерильності (В-лінії) та лінії-відновлювача фертильності (R-лінії). У селекційних програмах жита створення А-, В- та R-ліній здійснюють

паралельно з використанням тест-схрещувань для ідентифікації генів-відновлювачів та закріплювачів стерильності. Потомство диференціюють за реакцією на стерильну цитоплазму та формують відповідні селекційні популяції [69, 144, 150, 152].

В Інституті рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН України було започатковано системні дослідження, спрямовані на генетичне удосконалення гібридної технології створення короткостеблових гетерозисних гібридів жита озимого. Нині дослідження орієнтовано на теоретичне обґрунтування та експериментальну апробацію використання різних генетичних систем контрольованого розмноження культури, зокрема цитоплазматичної (ЦЧС) та ядерної чоловічої стерильності (ЯЧС), апоміксису та самонесумісності, у селекції на гетерозис жита. У процесі досліджень виділено лінію № 99, що слугує стабільним джерелом генетично детермінованої самофертильності й широко використовувалася в селекційно-генетичних програмах [150].

Вченими також ідентифіковано вітчизняне джерело цитоплазматичної чоловічої стерильності Р-типу [86], на основі якого розроблено та експериментально підтверджено ефективний метод створення плазмоядерних генетичних систем ЦЧС для жита озимого [156–156].

А. Ф. Здрілько, Г. К. Адамчук і В. П. Дерев'янка здійснили комплексні селекційно-генетичні дослідження зі створення генетичної системи контрольованого розмноження для короткостеблових форм жита за використанням гена домінантної короткостебловості  $Hl/hl$  [150]. Виділено донор генетично зумовленої самофертильності та створено серію інбредних ліній з домінантним геном короткостебловості, що нині використовуються батьківськими компонентами у гетерозисній селекції культури [150, 155].

Гібриди жита озимого, створені вченими Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН України, переконливо підтвердили суттєву селекційну перевагу гетерозисної технології над традиційною селекцією сортів-

популяцій і стали вагомим досягненням вітчизняної селекції жита. Вперше в Україні та країнах СНД створено високопродуктивний гібрид жита озимого Первісток F<sub>1</sub>. Материнським компонентом слугував простий міжлінійний стерильний гібрид, а батьківською формою було використано сорт-синтетик «Харківська 98». За результатами державного сортовипробування в Україні гібрид продемонстрував високий рівень адаптивності та продуктивності, успішно конкуруючи з провідними комерційними гібридами німецької селекції [65, 70, 73, 150]. На основі розробленої технології створено та занесено до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні, низку гібридів жита озимого, зокрема Юр'ївець F<sub>1</sub>, Слобожанець F<sub>1</sub>, Харлей F<sub>1</sub>, Нептун F<sub>1</sub>, Хаір F<sub>1</sub>, Сатурн F<sub>1</sub>, Юпітер F<sub>1</sub>, що вирізняються високим рівнем гетерозисного ефекту, підвищеною зерною продуктивністю та стійкістю до комплексу абіотичних стресових чинників навколишнього природного середовища [65, 67, 150].

### Висновки за розділом 1

1. Варіабельність абіотичних і біотичних чинників агроєкосистеми в поєднанні зі зростанням селекційно-виробничих вимог до потенціалу врожайності та параметрів якості зерна жита озимого зумовлює необхідність безперервного пошуку, ідентифікації й інтродукції нових донорів генів господарсько-цінних ознак у селекційному процесі створення сучасних сортів і гібридів.
2. Важливою науково-практичною проблемою сучасної селекції жита є системний пошук, ідентифікація та формування нових джерел генетичної мінливості, спрямованих на розширення генофонду вихідного матеріалу, зокрема, зі зміненою архітектонікою рослини.
3. Сучасні методологічні засади, спрямовані на створення й оптимізацію генофонду, вимагають системного вдосконалення та адаптивного моделювання за врахування кліматичної зональності та специфіки умов вирощування культури.

4. Пріоритетним залишається питання створення гетерозисних гібридів жита озимого за використання цитоплазматичної чоловічої стерильності та самонесумісності, а також отримання синтетичних сортів з високою загальною комбінаційною здатністю їх компонентів, що забезпечить високу продуктивність культури.

За матеріалами розділу опубліковано три наукові праці [55–57].

### СПИСОК ДЖЕРЕЛ ЛІТЕРАТУРИ ДО РОЗДІЛУ 1

1. Авраменко С., Цехмейструк М., Глибокий О., Шелякін В. Нові аспекти вирощування жита озимого. 2023. URL: <https://u.to/L8DSHA>
2. Маслак О., Радченко М. Варто вирощувати жито. АСКОЕХРЕКТ. (2), 14–17. Київ: ТОВ «Аграр Медієн Україна». 2011.
3. Гончаренко А. А. Сучасні можливості покращення якості зерна жита озимого. *Селекція і насінництво*, 2011. № 100. С. 24–36.
4. Hackauf B., Wehling P. Identification of microsatellite polymorphisms in an expressed portion of the rye genome. *Plant Breeding*, 2002. № 121. P. 17–25.
5. Persson K., von Bothmer R. Assessing the allozyme variation in cultivars and Swedish landraces of rye (*Secale cereale* L.). *Hereditas*, 2000. № 132. P. 7–17.
6. Persson K., von Bothmer R., Gullord M., Gunnarsson E. Phenotypic variation and relationships in landraces and improved varieties of rye (*Secale cereale* L.) from northern Europe. *Genetic Resources, Crop Evolution*, 2006. № 53 (4). P. 857–866.
7. Рябовол Я. С. Теоретичне обґрунтування систем гібридизації і створення вихідного матеріалу в селекції зернових культур. Автореф. дис. на здобуття наукового ступеня доктор наук. Умань, 2020.

8. Podyma W. Rye genetic resources in Europe. *Breeding Seed Science*, 2003. № 48 (2/2), P. 37–44.
9. Haussmann B. I. G., Parzies H. K., Presterl T., Sus̃ic' Z., Miedaner T. Plant genetic resources in crop improvement (Review). *Plant Genet. Resources*, 2004. № 2. P. 3–21.
10. de Vicente M. C., Tanksley S. D. QTL analysis of transgressive segregation in an interspecific tomato cross. *Genetics*, 1993. № 134. P. 585–596.
11. Tanksley S. D., Nelson J. C. Advanced backcross QTL analysis: a method for the simultaneous discovery and transfer of valuable QTL from unadapted germplasm into elite breeding lines. *Theor. Appl. Genet.* 1996. № 92. P. 191–203.
12. Zamir D. Improving plant breeding with exotic genetic libraries. *Nat. Rev. Genet.* 2001. № 2. P. 983–989.
13. Sus̃ic' Z. Experimental and simulation studies on introgressing genomic segments from exotic into elite germplasm of rye (*Secale cereale* L.) by marker-assisted backcrossing. Ph.D. thesis, University of Hohenheim, Germany. 2005.
14. Falke K. C., Susic Z., Hackauf B., Korzun V., Schondelmaier J., Wilde P., Wehling P., Wortmann H., Mank J., Rouppe van der Voort J., Maurer H., Miedaner T. and Geiger H. H. Establishment of introgression libraries in hybrid rye (*Secale cereale* L.) from an Iranian primitive rye accession as a new tool for rye breeding and genomics. *Theor Appl Genet* 117, 2008. P. 641–652.
15. Кордін О. І. Дворнік-Ласковскі В. Озиме жито – майбутнє за гібридами. *Агроном.* 2009. № 3. С. 116–119.
16. Корнеєва М. О., Мазур З. О. Оцінка ЧС ліній озимого жита в процесі їхнього створення. *Цукрові буряки.* 2007. № 2 (56). С. 4–6.
17. Єгоров Д. К., Циганко В. А., Дерев'янка В. П. та ін. Нові селекційні розробки як фактор збільшення виробництва зерна жита озимого.

*Селекція і насінництво : міжвідомчий тематичний науковий збірник.*  
Харків, 2008. Вип. 95. С. 55–64.

18. Сигида В. П. Досягнення, основні напрямки і завдання селекції окремих польових культур в Україні. Умань: УКВПП, 2009. С. 16–18.
19. Вожегова Р. А. Становлення та розвиток селекції сільськогосподарських культур в Україні: історико-науковий аналіз. Київ. *Наукове видання Інституту рису УААН*, 2007.
20. Скорик В. В., Скорик Н. В. Генетико-статистична характеристика нових різновисоких донорів короткостебловості озимого жита. *Цитологія і генетика*. Київ 2002. № 6. С. 16–20.
21. Sandvik P., Kihiberg I., Lindroos A. K., Marklinder I., Nydahl M. Bread consumption patterns in a Swedish national dietary survey focusing particularly on whole-grain and rye bread. *Food & Nutrition Research*, 2022. 58. P. 24024. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.3402/fnr.58.24024>.
22. Воробйова Л. І., Тагліна О. В. Генетичні основи селекції рослин і тварин: *навчальний посібник для студентів біологічних спеціальностей вищих навчальних закладів* Харків: Ранок. 2007.
23. Мазур З. О., Симоненко Н. В. (2014). Особливості формування основних елементів структури врожаю жита озимого. *Зрошуване землеробство*. Одеса. 2014. (61). С. 107–110.
24. Манько К. М. Урожайність та якість зерна жита озимого залежно від елементів технології вирощування в умовах східної частини Лісостепу України (автореф. дис. .. канд. с.-г. наук). 06.01.05. Харків. 2011.
25. Сигида В. П. Досягнення, основні напрямки і завдання селекції окремих польових культур в Україні. Умань: УКВПП, 2009. С. 16–18.
26. Falke K. C., Wilde P., Miedaner T. Rye introgression lines as source of alleles for pollen-fertility restoration in Pampa CMS. *Plant Breed.* 2009. (in press).

27. Єгоров Д. К., Циганко В. А., Дерев'янка В. П. Нові селекційні розробки як фактор збільшення виробництва зерна жита озимого. *Селекція і насінництво : міжвідомчий тематичний науковий збірник УААН, Ін-т рослинництва ім. В. Я. Юр'єва*. Харків, 2008. Вип. 95. С. 55–64.
28. Єгоров Д. К., Дерев'янка В. П., Циганко В. А. Селекція гібридів з комплексом господарсько-корисних ознак. *Селекція і насінництво : міжвідомчий тематичний науковий збірник УААН, Ін-т рослинництва ім. В. Я. Юр'єва*. Харків, 2003. Вип. 93. С. 152–157.
29. Єгоров Д. К. Особливості формування і мінливість кількісних ознак у гібридів жита озимого. *Вісник центру наукового забезпечення АПВ Харківської обл. : науково-виробничий збірник*. Харків, 2012. Вип. 12. С. 78–84.
30. Miedaner T., Geiger H. H. Hybrid rye breeding: achievements and challenges. *Plant Breeding*, 2023. 142(4). P. 567–584.
31. Скорик В. В. Донор короткостеблості жита озимого (*Secale cereale* L.) Гном 2. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2013. № 2. С. 4–11. Режим доступу [http://nbuv.gov.ua/j-pdf/stopnsr\\_2013\\_2\\_2.pdf](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/stopnsr_2013_2_2.pdf)
32. Becker H. C., Geiger H. R. Performance and phenotypic stability of different hybrid types in winter rye. *Crop Science*. 1982. V. 22 № 2. P. 340–343.
33. Bennici A., Caffaro L. Caryological behaviour during the first phases of dedifferentiation and habituation in *Nicotiana bigelovii*. *Protoplasma*. 1985. V. 124. № 1/2. P. 130–136.
34. Geiger H. H., Miedaner T. Rye breeding: past, present and future. *Plant Breeding*, 2023. № 142(2). P. 123–137.
35. Stojalowski S., Milczarski P., Bauer E. Molecular basis of hybrid performance in rye. *Plants*, 2022. № 11(7). P. 1041.
36. Парій Ф. М., Рябовол Я. С., Рябовол Л. О., Парій М. Ф., Парій Я. Ф., Скорик В. В. Патент на корисну модель № 91021 від 25.06. 2014 р.

- (Україна). Спосіб контролю стерильності жита озимого на ділянках гібридизації; Заявл. 09.09.2013; Опубл. 25.06. 2014, Бюл. № 12. 4 с.
37. Lapitan N. L. V., Sears R. G., Gill B. S. Identification of morphological markers linked to growth habit genes in rye. *Theoretical and Applied Genetics*. 1986. Vol. 72. P. 214–219.
  38. Рибалка О. І., Солодухіна О. В. Морфотипи куща та їх значення в гетерозисній селекції жита озимого. *Вісник аграрної науки*. 1992. № 7. С. 32–38.
  39. Рябовол Я. С., Рябовол Л. О. Патент на корисну модель № 120738 від 10.11.2017 р. (Україна). Спосіб контролю гібридності рослин жита озимого за геном Р/р розлогої форми куща; Заявл. 19.06.2017; Опубл. 10.11.2017, Бюл. № 21. 4 с.
  40. Miedaner T. Utilization of visible marker genes in rye breeding. *Plant Breeding*. 2001. Vol. 120. P. 1–8.
  41. Рябовол Я. С., Рябовол Л. О. Патент на корисну модель № 127223 від 25.07.2018 р. (Україна). Спосіб контролю гібридності рослин жита озимого за геном *Epr1/ep1* «безвосковий наліт колосу»; Заявл. 05.02.2018; Опубл. 25.07.2018, Бюл. № 14. 4 с.
  42. Парій Ф. М., Рябовол Я. С., Рябовол Л. О., Парій М. Ф., Парій Я. Ф. Патент на корисну модель № 103730 від 25.12. 2015 р. (Україна). Спосіб контролю стерильності жита озимого за геном *L1* «безлігульність»; Заявл. 06.07.2015; Опубл. 25.12.2015, Бюл. № 24. 4 с.
  43. Geiger H. H. Morphological and genetic markers in rye breeding. *Plant Breeding Reviews*. 1990. Vol. 8. P. 181–220.
  44. Stelmakh A. F. Genetic control of leaf blade orientation in rye. *Genetika*. 1976. Vol. 12, No. 4. P. 90–97.
  45. Рябовол Я. С., Рябовол Л. О. Патент на корисну модель № 117602 від 26.06.2017 р. (Україна). Спосіб контролю гібридності рослин жита

- озимого за геном Sp/sp еректоїдної орієнтації листкової пластинки; Заявл. 20.02.2017; Опубл. 26.06.2017, Бюл. № 12. 4 с.
46. Korzun V., Bauer E., Hackauf B. Genomic tools accelerating rye breeding. *Theoretical and Applied Genetics*, 2024. № 137. P. 155. <https://doi.org/10.1007/s00122-024-04455-4>
  47. Глеба Ю. Ю., Ситник К. М. Клітинна інженерія рослин. Київ: Наукова думка, 1985. 132 с.
  48. Кунах В. А. Біотехнологія лікарських рослин. Генетичні та фізіолого-біохімічні основи. Київ: Логос, 2005. 730 с.
  49. Кушнір Г. П., Сарнацька В. В. Стан і перспективи клонального мікророзмноження рослин в Україні. *Генетика і селекція в Україні на межі тисячоліть*. Київ: Логос, 2001. Т. 1. С. 484–500.
  50. Рябовол Л. О., Рябовол Я. С., Парій Ф. М. Проліферація апікальної меристеми жита озимого в культурі *in vitro*. *Агробіологія*. Збірник наукових праць Білоцерківського НАУ. Біла Церква, 2011. № 5 (84). С. 41–45.
  51. Рябовол Я. С., Парій Ф. М., Рябовол Л. О. Клонування рослинного матеріалу жита озимого в культурі *in vitro*. Матеріали I-ої Міжнародної науково-практичної конференції присвяченої 10-річчю від Дня утворення Українського Інституту експертизи сортів рослин *Стан і перспективи формування сортових рослинних ресурсів в Україні*. Київ, 2012. С. 323–324.
  52. Рудишин С. Д. Основи біотехнології рослин: навчальний посібник. Вінниця, 1998. 224с.
  53. Koehler P., Scherf K. A., Rakoczy-Trojanowska M. Quality traits and genetic improvement of rye. *Cereal Chemistry*, 2022 99(5). P. 1234–1248. <https://doi.org/10.1002/cche.10732>
  54. Schreiber M., Hackauf B., Reif J. C. Genome-wide association mapping of disease resistance in rye. *Theoretical and Applied Genetics*, 2022. № 135. P. 1025–1038. <https://doi.org/10.1007/s00122-022-04102-9>

55. Рябовол Я. С., Рябовол Л. О., Сліденко С. І., Ненька О. В. Адаптація клонованого матеріалу жита озимого за перенесення з ізольованої культури в умови *ex vitro*. Матеріали XII Міжнародної наукової конференції «Селекційно-генетична наука і освіта» (Парієві читання). (20–22 березня 2023 р.). Умань: ВПЦ«Візаві». 2023. С. 219–221.
56. Рябовол Я. С., Рябовол Л. О., Сліденко С. І., Ненька О. В., Канак О. В. Створення банку вихідного матеріалу жита озимого за використання культури *in vitro*. Матеріали VIII Всеукраїнської науково-практичної конференції «Генетика і селекція в сучасному агрокомплексі» Умань, 2023. С. .
57. Рябовол Л. О., Рябовол Я. С., Сліденко С. І. Умови формування морфогенної калюсної біомаси жита озимого. Матеріали XIII Міжнародної наукової конференції «Селекційно-генетична наука і освіта» (Парієві читання). (19–21 березня 2024 р.). Умань: ВПЦ«Візаві». 2024. С.
58. Stojalowski S., Łapiński M., Masojć P. Genetical analysis of lodging resistance in winter rye (*Secale cereale* L.). *Euphytica*. 2001. Vol. 121, № 3. P. 271–276.
59. Geiger H. H. Breeding for lodging resistance in rye (*Secale cereale* L.). *Plant Breeding*, 1985. Vol. 94, № 1. P. 1–10.
60. Miedaner T., Geiger H. H. Biology, genetics and breeding of rye. *Plant Breeding*. 2015. Vol. 134(4). P. 363–373. <https://doi.org/10.1111/pbr.12291>
61. Geiger H. H., Miedaner T. Rye breeding. *Cereals*. Berlin: Springer, 2009. P. 157–181.
62. Wehling P., Ordon F., Stojalowski S. Fusarium head blight resistance in winter rye. *Agronomy*, 2024. 14(1). P. 124.
63. Рябчун Н. І., Єльніков М. І., Звягін А. Ф. Спеціальна селекція та насінництво польових культур: Навчальний посібник Харків: ІР ім. В.Я. Юр'єва НААН України, 2010. 462 с.

64. EUCARPIA Rye Section. Advances in winter rye breeding: report of the EUCARPIA Rye Section. *Euphytica*, 2024. № 220. P. 345. <https://doi.org/10.1007/s10681-024-03345-8>
65. Рябовол Я. С., Парій Ф. М. Порівняння стійкості гібридів жита озимого до вилягання. Матеріали Міжнарод. наук.- практик. інтернет-конференції «Розвиток країн в умовах глобалізації: технологічні, економічні, соціальні та екологічні проблеми». Тернопіль, 2012. Частина 1. С. 82–84.
66. Симоненко Н. В. Використання гена Ні для створення короткостеблових зеленоукісних сортів жита озимого. *Trend of modern science and practice. International Science Journal of Engineering & Agriculture*. 2022. February 8–11. P. 33–36.
67. [Скорик Вікт. В.](#) Скорик Волод. В., Симоненко Н. В., Скорик О. П. Генетична характеристика нового донора ультракороткостеблості й відсутності воскового покриву жита озимого (*Secale cereale* L.). *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин : науково-практичний журнал*. Київ. 2010. (1). С. 13 – 21.
68. Скорик В. В. Донор ультракороткостеблості жита озимого (*Secale cereale* L.) Гном-3. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. Київ, 2011. № 1. С. 4–11.
69. Симоненко Н. В. Врожайність і якість вітчизняних і закордонних сортозразків *Secale cereale* L. *Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур: матеріали V Міжнар. наук.-практик. конф. молодих вчених і спеціалістів, с. Центральне*, 2017. С. 119–120.
70. Симоненко Н. В., Сень О. В. Оцінка якості зерна озимого жита для селекції сортів цільового призначення. *Геноміка та біохімія сільськогосподарських рослин: збірник тез доповідей Міжнародної наукової конференції, Одеса*, 2017. С. 114–115.

71. Ключевич М. М., Гриценко О. Ю. Найпоширеніші грибні хвороби жита озимого в Поліссі України. Вісник ЖНАЕУ, 2017. № 2 (61). Т. 1. С. 50–55.
72. Laidig, F., Piepho, H. P., Drobek, T. Yield stability of winter rye across European environments. *Agronomy*, 2024. № 14(3). P. 612. <https://doi.org/10.3390/agronomy14030612>
73. Кириченко В. В. Основи селекції польових культур на стійкість до шкідливих організмів: навчальний посібник / за ред. В. В. Кириченка та В. П. Петренової. НААН, Ін-т рослинництва ім. В.Я. Юр'єва. Харків: Ін-т Рослинництва ім. В. Я. Юр'єва, 2012. 320 с.
74. Рябовол Я. С. Створення колекції вихідних матеріалів для гетерозисної селекції жита озимого. Матеріали Всеукраїнської наукової конференції молодих вчених. Умань, 2011. Частина 1, С. 107.
75. Ordon F., Wehling P., Stojalowski S. Breeding rye for disease resistance: current status and future prospects. *Frontiers in Plant Science*, 2023. № 14. P. 1187721. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1187721>
76. Schreiber M., Hackauf B., Korzun V. Advances in rye breeding for quality and disease resistance. *Plant Breeding*. 2020. № 139(6). P. 899–912. <https://doi.org/10.1111/pbr.12987>
77. Mitrofanova O., Mitrofanova I. Virus diseases of tropical orchids and the way to clean up of plants. *Plant Tissue Culture: From Theory to Practice: Abstracts Intl. Conf. of Baltic States (27–28 May 2004, Salaspils, Latvia)*. Salaspils, 2004. P. 41.
78. Whitford R., Hackauf B., Korzun V. Identification of QTL controlling fertility restoration in rye. *Theoretical and Applied Genetics*, 2021. № 134. P. 1895–1908. <https://doi.org/10.1007/s00122-021-03896-3>
79. Laidig F., Miedaner T., Reif J. C. Breeding rye for drought and stress tolerance. *Agronomy*, 2021. № 11(7). P. 1356. <https://doi.org/10.3390/agronomy11071356>

80. Geiger H. H., Schnell F. W. Cytoplasmic Male Sterility in Rye (*Secale cereale* L.) [Internet]. *Crop Science*. 1970. Vol. 10, № 5. P. 590–593 Available from: <https://crops.org/publications/cs/abstracts/10/5/CS0100050590>
81. Змієвська О. А., Єгоров Д. К. Лінії-відновники фертильності, як складова створення високо гетерозисних гібридів жита озимого. *Інноваційно-інвестиційний розвиток рослинницької галузі – стан та перспективи* : тези доповідей міжнар. наук.-пр. конф. (4–6 липня 2012 р.). Харків, 2012. С.38–39.
82. Gowda M., Longin C. F. H., Reif J. C. Heterosis and hybrid performance in winter rye. *Field Crops Research*, 2024. № 301. P. 10–12. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2024.109012>
83. Rye and Hybrid Rye Breeding. Memento vom 13. August 2007 im Internet Archive. Informationen zur Hybridroggenzüchtung, Universität Hohenheim. Englisch, abgerufen am 22. 2010.
84. Рябовол Я. С., Парій Ф. М., Рябовол Л. О. Генетичні основи створення батьківських компонентів гібридів жита озимого: монографія. Умань: Візаві, 2017. 188 с.
85. Рябовол Я. С. Створення колекції вихідних матеріалів для гетерозисної селекції жита озимого. *Матеріали Всеукраїнської наукової конференції молодих вчених*. Умань, 2011. Ч. 1. С. 107.
86. Geiger H. H., Wilde P., Erfurt M., Pakas J. Heterosis of factorial inter-pool-single cross among elite winter rye inbred lines. *Proceeding of the Eucarpia Rye Meeting*, Juli 4–7, 2001. Radzikow, 2001. P.19–22.
87. Мазур З. О., Симоненко Н. В. Особливості формування основних елементів структури врожаю жита озимого. *Зрошуване землеробство*, 2014. (61). С. 107–110. Одеса.
88. Кириченко В. В. Основи селекції польових культур на стійкість до шкідливих організмів: навчальний посібник. / за ред. В. В Кириченка

- та В. П. Петренової. НААН, Ін-т рослинництва ім. В. Я. Юр'єва. Харків: Ін-т Рослинництва ім. В. Я. Юр'єва, 2012. 320 с.
89. Gowda M., Longin C. F. H., Reif J. C. Yield stability and heterosis of hybrid rye under diverse environments. *Field Crops Research*, 2020. 250. P. 107825. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2020.107825>
  90. Charlesworth D., Willis J. H. The genetics of inbreeding depression. *Nature Reviews Genetics*, 2009. № 12. P. 67–81.
  91. Kristensen T. N. et al. Inbreeding depression and environmental stress in plants *Heredity*, 2020. № 65. P. 118–129.
  92. Чекалін М. М., Тищенко В. М., Баташова М. Є. Селекція та генетика окремих культур: навчальний посібник. Полтава: ФОП Говоров С.В., 2008. 368 с.
  93. Kaeppler S. Heterosis: many genes, many mechanisms – end the search for an undiscovered unifying theory. *The Plant Cell*. 2022. P. 96–109.
  94. Laido G. et al. Effects of inbreeding on agronomic traits in cereal crops *Plants*. 2022. P. 148.
  95. Thorwarth P. et al. Genomic prediction of hybrid performance in rye *Theoretical and Applied Genetics*. 2020. P. 34–49.
  96. Auinger H.-J. et al. Heterosis in rye: genetic architecture and breeding perspectives. *Frontiers in Plant Science*, 2023. № 12. P. 36–52.
  97. Sip J., Chrpová P. Yield stability and adaptability of winter rye cultivars. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*. 2006. P. 16–19.
  98. Müntzing A. *Genetics: Basic and Applied*. Stockholm, 1967. P. 24–28.
  99. Peto J. P. Perspectives of hybrid rye breeding in Hungary. *Plant Breeding and Seed Science*, 2008. № 78(2). P. 54–62.
  100. Peto J. P., Acs Z. Yield stability of winter rye varieties under Hungarian agro-ecological conditions. *Cereal Research Communications*. 2002. P. 192–206.

101. Chrpova P., Sip J. Resistance of winter rye cultivars to fungal diseases in Central Europe. *Cereal Research Communications*. 2008. P. 40–48.
102. Longin C. F. H., Miedaner T., Reif J. C. Hybrid breeding of rye in Europe. *Trends in Plant Science*, 2024. № 29 (5). P. 456–468. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2024.02.004>
103. Худоєнко В. І. Вирішення проблеми створення короткостеблових сортів озимого жита в Україні. Матеріали Міжнародної конференції *Наукові основи стабілізації виробництва продукції рослинництва до 90-річчя від заснування Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва УААН*. Харків, 1999. С. 113–114.
104. Ніколайчук В. І. Лядвенець (*Lotus L.*): біологія, генетика, екологія. Ужгород, 2002. 208 с.
105. Скорик Вікт. В., Скорик Волод. В., Симоненко Н. В., Скорик О. Г. Синтетичні сорти жита озимого (*Secale cereale L.*). *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. Київ, 2008. № 7.
106. Miedaner T., Geiger H. H., Reif J. C. (). Heterosis and synthetic populations in rye breeding. *Plant Breeding*, 2011. № 130(5). P. 571–579. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.2011.01869>.
107. Gustafson J. P., Hagberg P., Johansson E. Synthetic populations as a tool for hybrid rye improvement. *Theoretical and Applied Genetics*, 2009. № 119. P. 1079–1089. <https://doi.org/10.1007/s00122-009-1032-5>
108. Jürgens C., Leistritz F., Böhm H. (). Development of synthetic rye populations for resistance to fungal diseases. *Plant Genetic Resources*, 2012. № 10(1). P. 74–82. <https://doi.org/10.1017/S1479262111000460>
109. Frey K., Bauer E., Reif J. C. Evaluation of synthetic rye populations for yield and quality traits. *Journal of Cereal Science*, 2015. № 63. P. 12–20.
110. Тимощук Т. М., Чайка О. В., Ничипорук В. В., Орищук О. С., Ничипорук О. О. Сорт як фактор формування стійких агроценозів жита озимого. *Вісник Сумського НАУ*. Суми, 2013. № 3 (25). С. 218–221.

111. Dill P., Müller H. W., Winkel A. та ін. Züchtung und genetische Analyse selbstfertiler Roggenformen. *Zeitschrift für Pflanzenzüchtung*. 1970. Bd. 63. P. 97–112.
112. Hahn S. Untersuchungen zur Selbstfertilität beim Roggen (*Secale cereale* L.). *Zeitschrift für Pflanzenzüchtung*. 1969. Vol. 61. P. 1–15.
113. Dill P. Züchtung selbstfertiler Linien des Roggens und ihre Bedeutung für die Hybridzüchtung. *Plant Breeding*. 1990. Vol. 104. P. 97–108.
114. Hammer G. L., Chapman S. C., van Oosterom E., Podlich D. W. Trait physiology and crop modelling as a framework to link phenotypic complexity to underlying genetic systems. *Australian Journal of Agricultural Research*. 2005. Vol. 56. P. 947–960.
115. Kociuba W., Martyniuk S. Frost tolerance and winter hardiness in winter rye. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 2004. Vol. 190. P. 129–136.
116. Stojalowski S., Bauer E., Milczarski, P. (). Advances in cytoplasmic male sterility systems for hybrid rye. *Euphytica*, 2022. 218. P. 44. <https://doi.org/10.1007/s10681-022-03044-7>
117. Компанієць В. О., Солодушко М. М, Кулик. А. О. Економічна ефективність вирощування сучасних сортів пшениці озимої в умовах Північного Степу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2015. № 4. С. 81–85.
118. Волощук О. П., Волощук І. С., Глива В. В., Герешко Г. С. Екологічне випробування сортів пшениці озимої в умовах Лісостепу Західного. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2016. № 59. С. 40–45.
119. Уліч О. Л., Гринів С. М., Балицька Л. М., Терещенко Ю. Ф. Агробіологічні та господарські властивості нових високобілкових сортів пшениці м'якої озимої. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2015. № 1. С. 96–99.
120. Симоненко Н. В., Губа І. І. Нові морфотипи жита озимого і їх реакція на різні умови вирощування. *Наукові здобутки молодих учених для*

- розвитку аграрної науки в Україні: матеріали науково-практичної інтернет-конференції молодих учених і спеціалістів в Україні, Вінниця, 2019. С. 68 – 70.*
121. Симоненко Н. В., Голик Л. М., Левченко О. С. Прояв гетерозису у гібридів жита озимого за основними господарськими ознаками. *Поєднання науки, освіти, практичного виробництва і справедливого продажу якісної органічної продукції: матеріали XIV Міжнародної науково-практичної конференції, Чабани, 1 черв. 2023 р. Чабани, 2023. С. 81 – 85.*
  122. Koch H.-D. Genetische Untersuchungen zur Selbstinkompatibilität und Selbstfertilität beim Roggen (*Secale cereale* L.). *Zeitschrift für Pflanzenzüchtung*. 1979. Vol. 82. P. 145–160.
  123. Musche C., Hoberg W. Zur züchterischen Nutzung selbstfertiler Roggenformen. *Archiv für Züchtungsforschung*. 1980. Vol 10. H. 3. P. 193–201.
  124. Finlay K. W., Wilkinson G. N. The analysis of adaptation in a plant-breeding program. *Australian Journal of Agricultural Research*. 1963. Vol. 14, № 6. P. 742–754.
  125. Rasmusson D. C. A plant breeder's experience with ideotype breeding. *Crop Science*. 1984. Vol. 24. № 6. P. 1219–1223.
  126. Bauer E., Hackauf B., Reif J. C. Genetic diversity and population structure of winter rye. *Frontiers in Plant Science*, 2021. Vol. 12. P. 67–79. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.678945>
  127. Мазур З. О. Оцінка закріплювально-відновлюючої здатності чоловічостерильних ліній жита озимого. *Зб. наук. пр. Уманського ДАУ. Частина 1: Агроніомія*. 2007. Вип. 64. С. 176–180.
  128. Мазур З. О. Селекція жита озимого на гетерозис. *Цукрові буряки*, 2005. № 5 (47). С. 12–13.

129. Miedaner T., Longin C. F. H., Reif J. C. Hybrid rye breeding strategies: challenges and prospects. *Plant Breeding*, 2022. № 141(6). P. 987–1000. <https://doi.org/10.1111/pbr.13241>
130. Hackauf B., Korzun V. Sources of cytoplasmic male sterility in rye (*Secale cereale* L.). *Plants*, 2024. № 13(4). P. 521. <https://doi.org/10.3390/plants13040521>
131. Reif J. C., Longin C. F. H. Perspectives on hybrid cereal breeding. *Trends in Plant Science*, 2022. 27(8). P. 689–701. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2022.07.005>
132. Stojalowski S., Milczarski P., Rakoczy-Trojanowska M. Cytoplasmic male sterility and fertility restoration in winter rye. *Euphytica*, 2021. № 217. P. 77. <https://doi.org/10.1007/s10681-021-02877-x>
133. Bateson W., Gairdner A. E. Male sterility in flax subject to two types segregation. *Jour. Genetics*, 1921. V. 11. P. 269–275.
134. Jones D. F. The effects of inbreeding and crossbreeding upon development. *Conn. Agric. Exp. Stn. Bull* 207. 1918. P. 100.
135. Rhoades M. M. Cytoplasmic male sterility in maize. *Journal of Heredity*, 1933. № 24. P. 287–290.
136. Karpenstin M., Maslika R. Progress in rye breeding. *Vortr. fur Rflanzenzuchtung*. 1996. P. 35.
137. Whitford R., Bauer E., Reif J. C. Molecular basis of fertility restoration genes in *Secale cereale*. *Theoretical and Applied Genetics*, 2024. № 137. P. 102. <https://doi.org/10.1007/s00122-024-04402-3>
138. Wolski T. Studies on the inbreeding in rye. *Genetica Polonica*, 1970. V. 11. P. 1–26.
139. Edwardson J. R. Cytoplasmic male sterility. *The Botanical Review*, 1970. V. 36. № 4. P. 341–360.
140. Парій Ф. М., Іваненко В. О. Генетичні аспекти цитоплазматичної чоловічої стерильності у жита. *Журнал генетики і селекції*, 1975. Т. 11, № 3. С. 201–210.

141. Парій Ф. М. Цитоплазматична чоловіча стерильність як інструмент селекції гібридного насіння. *Конференція з генетики рослин*. Тези доповідей. Київ, 1980. С. 102–108.
142. Парій Ф. М. Використання ЦЧС у створенні високопродуктивних гібридів кукурудзи. *Сільськогосподарська біологія*, 1978. Вип. 34. С. 65–74.
143. Putt E. D. Cytogenetic studies of sterility in rye. *Canadian Journal of Agricultural Science*, 1954. V. 34. № 1. P. 81–119.
144. Рябовол Я. С. Створення батьківських компонентів жита озимого для гетерозисної селекції. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата наук. 06.01.05 – Селекція і насінництво. Чабани, 2014. 213 с.
145. Winkel A. Uber die gegenwartigen Moglichkeiten zuz Schaffung von Hybrid sorten. Tag. Ber akad. Zaundwirtsch. Wiss. DDR. Berlin 1980. P. 171–177.
146. Obetzhauser G. Die Selektion pollensteriler Analogformen beim Roggen. Tagungsber. Akad. Landwirtschaftswiss. DDR, 1979. №175. P. 177–182.
147. Meuwissen T. H., Miedaner T. Genomic selection in hybrid rye breeding. *Theoretical and Applied Genetics*, 2020. № 133. P. 1501–1515. <https://doi.org/10.1007/s00122-020-03584-6>
148. Miedaner T., Glass C., Dreyer F. Restorer genes for Pampa cytoplasmic male sterility in rye. *Theoretical and Applied Genetics*. 2000. Vol. 101. P. 122–128.
149. Melz Gi., Melz Gu., Hartmann F. Genetics of a male-sterile rye of “G-type” with results of the first F1-hybrids. *Proceeding of the EUCARPIA Rye Meeting (July 4-7, 2001):thesis*. Radzikow, 2001. P. 43–50.
150. Змієвська О. А. Селекційна цінність ліній-відновлювачів фертильності для створення високогетерозисних гібридів жита озимого. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата наук. 06.01.05 – Селекція і насінництво. Харків, 2016. 181 с.

151. Mamedov R. Z. Influence of Ramra-type cytoplasmic male sterility on biological and agronomic traits of winter rye [Electronic resource] : Author's abstract of Cand. Sci. (Agriculture) dissertation. Kyiv, 2005. 20 p.
152. Hackauf B., Rabanus-Wallace M. T., Korzun V. Genetic architecture of fertility restoration in hybrid rye. *Theoretical and Applied Genetics*, 2023. №136. P. 215. <https://doi.org/10.1007/s00122-023-04321-7>
153. Stojalowski S., Milczarski P., Rakoczy-Trojanowska M. Cytoplasmic male sterility systems and fertility restoration in winter rye (*Secale cereale* L.). *Euphytica*, 2023. № 219. P. 112. <https://doi.org/10.1007/s10681-023-03112-4>
154. Gawroński P., Milczarski P., Hackauf B. Candidate genes controlling fertility restoration in rye. *Theoretical and Applied Genetics*, 2025. № 138. P. 89. <https://doi.org/10.1007/s00122-025-04511-9>
155. Reif J. C., Zhao Y. Future perspectives of hybrid breeding in cereals. *Annual Review of Plant Biology*, 2025. № 76. P. 215–243. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-042124-035921>
156. Дерев'янко В. П., Адамчук Г. К., Здрилько А. Ф. Стан та перспективи гетерозисної селекції у озимій житі. *Природа, прояви та прогнозування гетерозису*: збірник наукових праць АН України, УОГІС ім. Н. І. Вавилова. Київ. Наукова думка, 1992. С. 93–99.

## РОЗДІЛ 2

### УМОВИ, МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

За тематикою дисертаційної роботи дослідження виконували впродовж 2022–2025 рр. на ділянках кафедри генетики, селекції рослин та біотехнології Уманського національного університету.

#### 2.1 Ґрунтово-кліматичні умови

Експериментальну частину дисертаційної роботи виконано на дослідному полі Уманського національного університету, розташованому в межах Маньківського природно-сільськогосподарського району Середньо-Дніпровсько-Бузького округу Правобережного Лісостепу України. Географічне положення дослідної території за Гринвічем становить  $48^{\circ}46'56,47''$  пн. ш. та  $30^{\circ}14'48,51''$  сх. д., абсолютна висота над рівнем моря — 245 м.

Дослідне поле належить до вирівняного вододільного плато з пологими ( $1-2^{\circ}$ ) схилами південно-східної і північно-західної експозицій; рівень залягання ґрунтових вод становить 22–24 м [1].

Ґрунтовий покрив представлений чорноземом опідзоленим важкосуглинковим малогумусним на лесі, який за морфологічними та агрохімічними показниками займає проміжне положення між темно-сірими лісовими та типовими чорноземами. Ґрунт характеризується однорідним гранулометричним складом за профілем, вилуженістю від легкорозчинних солей, ілювіальним типом перерозподілу карбонатів і достатнім акумулюванням елементів мінерального живлення в гумусовому горизонті, що створює сприятливе середовище для реалізації генетичного потенціалу досліджуваних генотипів. Вміст гумусу в орному шарі, з домінуванням гумінових кислот, що складають 3,2–3,4 %, ступінь насиченості основами — 90–93 %, реакція ґрунтового розчину — середньо-кисла ( $\text{pH}_{\text{KCl}} 5,7$ ),

гідролітична кислотність — 1,9–2,3 смоль/кг ґрунту. Забезпеченість рухомими формами фосфору та калію складає відповідно 125–150 мг/кг, а нітратного азоту — 6,2–9,10 мг/кг ґрунту [2].

Потужність гумусного горизонту варіює від 60 до 110 см. Вміст гумусу в ґрунті природних угідь становить 4,0–8,0 %, в освоєних — 2,8–5,5 %, з переважанням гумінових кислот у його складі. Чорноземи опідзолені займають близько 18 % загальної площі земель зони Лісостепу України та є домінуючими в Правобережній її частині.

Агрохімічні характеристики ґрунту Уманського агроґрунтового району наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

**Характеристика чорноземів опідзолених важкосуглинкових на лесі  
Уманського агроґрунтового району**

Показник	Генетичні горизонти				
	HE	HE	Hp1	Pk	Pk
Глибина відбирання зразків, см	10–20	30–40	60–70	90–100	120–130
pH сольове	5,7	5,8	6,0	6,5	6,9
Гідролітична кислотність, смоль/кг ґрунту	2,46	2,15	1,35	0,85	0,40
Сума увібраних основ, смоль/кг ґрунту	24,6	24,3	26,4	29,1	30,6
Ступінь насичення основами, %	90,9	91,8	95,1	97,1	98,7
Загальний вміст гумусу, %	3,42	2,64	2,15	1,25	0,72
Нітрифікаційна здатність, мг NO <sub>3</sub> на 1 кг ґрунту	9,10	8,50	6,40	3,15	2,10
Вміст рухомого P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг ґрунту	125	98,4	76,4	72,3	43,5
Вміст обмінного калію, мг/кг ґрунту	146	152	139	116	94

Основним кліматичним чинником формування агроландшафтів досліджуваного регіону є співвідношення теплових і вологозабезпечувальних ресурсів, що кількісно характеризується гідротермічним коефіцієнтом та сумою атмосферних опадів [3]. Клімат регіону — помірно континентальний, із чітко вираженою сезонною динамікою температурного режиму та зволоження.

Тривалість періоду з середньодобовою температурою повітря понад 10 °С становить 140–160 діб, а понад 5 °С – близько 225 діб, що забезпечує достатню тривалість вегетаційного періоду для реалізації онтогенетичних програм і продукційного потенціалу генотипів сільськогосподарських культур. Безморозний період триває 160–170 діб. Перші осінні приморозки зазвичай фіксують у жовтні, а весняні заморозки – у травні.

За температурним режимом і режимом зволоження територія належить до підзони нестійкого зволоження, що зумовлює періодичний прояв гідротермічних стресів і селекційно стресових посушливих декад. За даними метеостанції Умань, упродовж десятиліття 2–3 роки, а в окремі періоди – до 3–5 років, характеризуються посушливими умовами. Середньобагаторічна кількість опадів становить 586 мм, середньорічна температура повітря – 8,8 °С, при цьому в окремі роки спостерігаються істотні відхилення від середніх багаторічних показників. Річний розподіл опадів є нерівномірним: до 70 % їх кількості припадає на період активної вегетації з квітня місяця до жовтня.

Зимовий період здебільшого м'який і малосніжний, з частими відлигами та періодичним розмерзанням ґрунту, що сприяє ефективному інфільтраційному засвоєнню зимових опадів. Середня потужність снігового покриву не перевищує 10 см. Найхолоднішим місяцем є січень. Під час зимових відлиг денна температура може підвищуватися до +9...+12 °С із нічним зниженням до –3...–5 °С, що зумовлює утворення крижаної кірки та створює додаткові абіотичні стреси для рослин [4].

Весна зазвичай рання, з формуванням стійких позитивних температур (до +10...+15 °С) уже в першій декаді березня. Поверхневий стік талих вод

незначний, що сприяє акумуляції продуктивної вологи в орному та підорному шарах ґрунту й створює сприятливі передумови для стартового росту та диференціації генеративних органів культурних рослин.

Літній період настає за переходу середньодобової температури повітря через 15 °С і характеризується високим тепловим забезпеченням (середня температура біля 19 °С із варіюванням у межах 17–22 °С у різні роки). У період вегетації переважають західні повітряні маси, що забезпечують надходження опадів, однак у окремі роки спостерігається дефіцит вологи на фоні підвищених температур повітря та ґрунту, що призводить до формування літніх посух і обмеження реалізації потенційної продуктивності генотипів.

Осінній період здебільшого теплий, сонячний і нерідко тривалий. У середині жовтня відмічають перехід середньодобової температури через 10 °С. Для цього періоду характерна підвищена хмарність і дощова погода, а наприкінці жовтня можливі перші слабкі приморозки. У листопаді спостерігається нестійкий температурний режим із чергуванням дощів і снігопадів.

Загалом кліматичні умови регіону, з огляду на баланс тепла і вологи, є сприятливими для вирощування сільськогосподарських культур помірних широт і забезпечують можливість повноцінної реалізації їх генетично зумовленого продукційного потенціалу.

У роки проведення досліджень погодні умови впродовж вегетаційного періоду загалом позитивно впливали на ріст, розвиток і формування врожайності сільськогосподарських культур, хоча в окремі фази онтогенезу фіксувалися екстремальні температурні режими та дефіцит вологи. Варіабельність гідротермічних умов сприяла отриманню об'єктивних експериментальних даних щодо реакції досліджуваних генотипів на дію абіотичних чинників та їхнього впливу на ріст, розвиток і формування продуктивності зернових озимих культур, зокрема, жита озимого (табл. 2.2, 2.3, 2.4).

**Кількість опадів у період проведення досліджень  
(за показниками метеостанції Умань), мм**

Сільсько-господарський рік	Всього за с.-г. рік	Місяці											
		X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Середньо-багаторічна	586	43	43	40	38	34	36	41	52	81	68	49	61
2022–2023	485,5	10	71,8	53,1	6,0	20,5	27,2	129,6	42,4	15,8	92,5	12,4	4,2
± від норми	-100,5	-33	28,8	13,1	-32	-13,5	-8,8	88,6	-9,6	-65,2	24,5	-36,6	-56,8
2023–2024	487,2	33,5	62,3	55	29,8	14,9	89,5	56,2	41,8	56,5	17,9	17,7	12,1
± від норми	-98,8	-9,5	19,3	15	-8,2	-19,1	53,5	15,2	-10,2	-24,5	-50,1	-31,3	-48,9
2024–2025	565,2	99,4	45,1	61,0	12,4	7,8	12,5	26,9	101,8	11,2	112,3	23,0	51,8
± від норми	-20,8	55,4	2,1	21,0	-25,6	-26,2	-23,5	-14,1	49,8	-69,8	44,3	-26	-10

Таблиця 2.3

**Середня температура повітря в період проведення досліджень  
(за показниками метеостанції Умань ), °С**

Сільсько-господарський рік	Всього за с.-г. рік	Місяці											
		X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Середньо-багаторічна	8,8	8,3	2,8	-1,8	-3,4	-2,3	2,5	9,7	15,4	19	20,9	20,1	14,5
2022–2023	10,4	10,0	3,7	-0,4	0,2	-0,2	5,1	8,8	15,4	19,6	21,3	22,9	18,4
± від норми	1,6	1,7	0,9	1,4	3,6	2,1	2,6	-0,9	0	0,6	0,4	2,8	3,9
2023–2024	11,8	11,7	4,6	1,2	-1,6	4,2	4,5	13	15,3	21,2	24,3	23,1	19,7
± від норми	3,0	3,4	1,8	3,0	1,8	6,5	2,0	3,3	-0,1	2,2	3,4	3,0	5,2
2024–2025	10,0	10,8	2,6	0,4	2,1	-3,9	6,7	10,3	13,1	19,3	22,4	19,7	16,2
± від норми	1,2	2,5	-0,2	2,2	5,5	6,2	4,2	0,6	-2,7	0,3	1,5	-0,4	1,7

**Відносна вологість повітря в період проведення досліджень  
(за показниками метеостанції Умань), %**

Сільсько-господарський рік	Всього за с.-г. рік	Місяці											
		X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Середньобагаторічна	76	73	80	87	88	86	85	82	68	64	66	67	68
2022–2023	74	78	89	89	89	81	72	80	56	64	68	58	59
± від норми	1	5	9	2	1	-5	-13	-2	-12	0	2	-9	-9
2023–2024	72	77	83	88	84	88	76	67	57	69	60	56	56
± від норми	-4	4	3	1	-4	2	-9	-15	-11	5	-6	-11	-12
2024–2025	72	80	80	90	86	74	67	61	74	63	65	63	65
± від норми	-4	7	0	3	-2	-12	-18	-21	6	-1	-1	-4	-3

Сільськогосподарський рік 2022–2023 загалом характеризувався підвищеним температурним фоном за умов нерівномірного просторово-часового розподілу атмосферних опадів. Сумарний дефіцит вологозабезпечення порівняно із середньобагаторічною нормою становив 100,5 мм, що зумовило формування стресових гідротермічних умов для росту і розвитку рослин.

Осінньо-зимовий період і березень відзначалися підвищенням середньомісячних температур повітря відносно кліматичної норми, зокрема у січні – на +3,6 °С, у лютому – на +2,1 °С, у березні – на +2,6 °С, за одночасного зниження кількості опадів. Сніговий покрив упродовж зими був практично відсутній, що зумовило раннє настання фізичної стиглості ґрунту – у середині березня.

Квітень характеризувався зниженим температурним режимом повітря та надлишковим зволоженням: сума опадів становила 129,6 мм, що на 88 мм перевищувало середньобагаторічний показник. У травні кількість опадів

наближалася до кліматичної норми, що забезпечило сприятливі умови для активізації ростових процесів і проходження ключових етапів онтогенезу жита озимого.

У червні спостерігали істотний дефіцит атмосферних опадів ( $-65,2$  мм до середньобагаторічної норми), що зумовило прискорення онтогенетичних процесів, зокрема фаз цвітіння, запилення, зав'язування та початку формування насіння. Липень відзначався надлишковою кількістю опадів ( $+24,5$  мм до норми) на фоні підвищеного температурного режиму ( $+0,4$  °C), що сприяло подовженню фізіолого-біохімічних процесів наливу та дозрівання зерна.

У сільськогосподарському році 2023–2024 зафіксовано дефіцит опадів на рівні  $98,8$  мм відносно середньобагаторічних значень за підвищення середньорічної температури повітря на  $+3,0$  °C. Тепла та безсніжна зима забезпечила задовільну перезимівлю озимих культур і збереження основних елементів їхнього продуктивного потенціалу.

Березень і квітень 2024 року характеризувалися надлишковим зволоженням ( $+53,5$  та  $+15,2$  мм відповідно), а поєднання достатньої вологозабезпеченості з підвищеним температурним режимом ранньовесняного періоду сприяло інтенсифікації ростових процесів, швидкому проходженню фаз онтогенезу, акумуляції вегетативної маси та пластичних речовин. За цих умов спостерігали інтенсивне кущення та формування максимальної кількості продуктивних колосоносних стебел рослин жита озимого.

Дефіцит опадів у травні ( $-10,2$  мм до норми) істотно не вплинув на перебіг процесів цвітіння, запилення та запліднення. Водночас нестача вологи в червні ( $-24,5$  мм) і липні ( $-50,1$  мм) за підвищеного температурного режиму обмежувала реалізацію генетично детермінованого продукційного потенціалу рослин, що проявилось у формуванні недостатньо виповненого, щуплого насіння, особливо на ділянках проведення гібридизації.

Відносна вологість повітря є одним із ключових абіотичних чинників, що визначає ефективність перебігу генеративних процесів у період цвітіння, запилення та зав'язування насіння, оскільки саме в ці фази онтогенезу відбувається інтенсифікація фізіолого-біохімічних процесів і метаболічної активності рослин. Підвищений температурний режим, перегрівання повітряного середовища та дія суховіїв зумовлюють порушення процесів мікроспорогенезу і мегаспорогенезу, що проявляється у формуванні череззерниці та пустоколосості.

У 2023 і 2024 роках відносна вологість повітря в травні, у критичний період цвітіння та зав'язування зерна, була відповідно на 12 і 11 % нижчою за середньобогаторічні значення, що негативно позначилося на реалізації репродуктивного потенціалу рослин і процесах формування насіння. У липні 2024 року, під час наливу та дозрівання зерна, зафіксовано поєднання дефіциту опадів і підвищеного температурного режиму, що зумовило зниження відносної вологості повітря до 60 % (на 6 % нижче норми). Такі аномальні гідротермічні умови в період досягання сприяли прискоренню фізіологічної стиглості зерна та інтенсивній втраті ним вологи. За окремими генотипами, особливо на ділянках гібридизації, це призвело до формування дрібного, недостатньо виповненого зерна з низькою масою 1000 насінин.

Сільськогосподарський рік 2024–2025 характеризувався надлишковим зволоженням і підвищеним температурним режимом в осінній період, що забезпечило формування дружніх сходів жита озимого. Тепла та безсніжна зима сприяла успішній перезимівлі рослин без істотних втрат продуктивного потенціалу. Водночас березень і квітень 2025 року характеризувалися дефіцитом вологи (–23,5 і –14,1 мм, відповідно) на фоні підвищення температури повітря (+4,2 і +0,6 °С, відповідно до середньобогаторічних показників), що створювало передумови для формування гідротермічного стресу на початкових етапах весняної вегетації рослин.

У травні нестача вологи була компенсована інтенсивними опадами (+49,8 мм до норми), що сприяло активному проходженню онтогенетичних

фаз розвитку жита озимого і наростанню асиміляційної поверхні. Дефіцит вологи в червні ( $-69,8$  мм до норми) за високої середньодобової температури повітря ( $19,3$  °C) зумовив певне прискорення темпів розвитку рослин і процесів досягання насіння. За екстремальних погодних умов окремі селекційні зразки формували дрібне, деформоване зерно, що негативно позначилося на масі тисячі насінин. Опади липня ( $112,3$  мм) істотно не вплинули на збирання врожаю, оскільки основна їх кількість випала після завершення жнив – наприкінці третьої декади місяця. Упродовж січня–серпня 2025 року відносна вологість повітря була на  $1-21$  % нижчою порівняно із середньобагаторічними показниками.

Отже, аналіз погодних умов років проведення досліджень засвідчив, що 2023 рік за характером температурного режиму та розподілом опадів у критичні фази онтогенезу був сприятливішим для росту, розвитку та формування насіння жита озимого порівняно з 2024 і 2025 роками. Водночас узагальнення кліматичних умов 2022–2025 років показало, що, попри періодичний дефіцит опадів і підвищення температурного фону відносно середньобагаторічних значень, погодні умови загалом забезпечили можливість реалізації генетично детермінованого потенціалу рослин у процесах гібридизації, вирощування та формування насіння культури.

Загалом ґрунтово-кліматичні умови регіону проведення досліджень є сприятливими для вирощування озимих зернових культур, зокрема жита озимого. Властивості ґрунтового покриву за своїми характеристиками відповідають ґрунтово-кліматичним різновидам помірно-континентальної східноєвропейської провінції, в межах якої результати досліджень можуть бути практично використані.

## 2.2 Характеристика вихідного селекційного матеріалу

Процес гібридизації та створення високопродуктивних селекційних зразків визначається науково обґрунтованим добром вихідних материнських і батьківських компонентів, що характеризуються високою загальною та специфічною комбінаційною здатністю. Залучення таких генотипів забезпечує ефективне поєднання цінних алелів і формування оптимальної кількості життєздатного насінневого матеріалу в гібридних комбінаціях.

Вихідним селекційним матеріалом використовували зразки-донори генів маркерних і цінних господарських ознак, зокрема короткостебловості, підвищеної маси зерна з колосу та маси 1000 насінин, високої продуктивності, а також комплексної стійкості до низки абіотичних і біотичних чинників природного навколишнього середовища.

Для створення вихідного селекційного матеріалу жита озимого у селекційні схеми залучали високопродуктивні гібриди німецької селекції Palazzo, Barassetto, Quttino, Picasso, створені на основі системи цитоплазматичної чоловічої стерильності (ЦЧС) Рапра-типу та сорти вітчизняної селекції Дозор, Синтетик 38, Хлібне, Харківське 98, Боротьба, що сприяло розширенню генетичної різноманітності й поліморфізму вихідного селекційного матеріалу. Гібриди слугували і донорами самофертильності. Контрольним зразком використовували сорт-синтетик Хлібне – національний стандарт України (додаток А).

За добору матеріалу для гібридних комбінацій керувались еколого-географічним принципом, враховували тривалість вегетаційного періоду, елементи структури врожаю, архітектоніку рослини, контрастність за фенотиповими та генотиповими показниками, рівень морозо-, зимостійкості, генетичної різноманітності за продуктивністю, прояву маркерних ознак тощо.

У селекційному процесі також використовували колекційні зразки лабораторії генетики, селекції та насінництва Уманського НУ.

### 2.3 Методика проведення досліджень

Експериментальну частину роботи виконано за використання комплексу польових і лабораторних методів досліджень, що забезпечило отримання селекційно цінного вихідного матеріалу та перспективних генотипів із цінними господарськими ознаками.

Дослідження були спрямовані на вдосконалення селекційно-генетичних підходів до створення, ідентифікації та добору вихідного матеріалу жита озимого. З цією метою здійснювали гібридизацію вихідних батьківських компонентів за заздалегідь визначеною селекційною схемою з попередньою фенотиповою та генотиповою оцінкою форм за комплексом маркерних і господарсько цінних ознак. Це дало змогу сформувати популяції з широкою генетичною основою та забезпечити прояв рекомбінантної мінливості в наступних поколіннях.

Добір вихідних селекційних зразків проводили за урахування основних елементів структури врожайності, рівня адаптивності та комплексної стійкості до абіотичних і біотичних чинників середовища.

Для створення гібридного матеріалу застосовували систему парних, міжлінійних і беккросних схрещувань, що забезпечило формування різнорівневої комбінаційної мінливості та дало можливість ідентифікувати й відібрати генотипи з бажаним поєднанням селекційно цінних ознак.

Закладання дослідних ділянок здійснювали за систематичним методом розміщення варіантів [5]. Жито озиме вирощували відповідно до загальноприйнятої для регіону технології, що забезпечувало оптимальні умови для оцінювання продуктивності генотипів. Регулювання чисельності бур'янів проводили вручну з метою мінімізації впливу хімічних речовин на рослину та об'єктивної оцінки селекційно цінних ознак створеного матеріалу.

Сівбу здійснювали у науково обґрунтовані оптимальні строки для умов зони: 24 вересня – 2022 р., 25 вересня – 2023 р., 1 жовтня – 2024 р., 29

вересня – 2025 р. Це забезпечило формування повноцінних сходів і належну підготовку рослин до перезимівлі.

Апробацію створеного селекційного матеріалу проводили на облікових ділянках площею 10 м<sup>2</sup> за норми висіву 4,5 млн. схожих насінин на гектар. Дослід закладали у триразовій повторності, що забезпечило статистичну достовірність отриманих експериментальних показників.

**Дослід 1.** Використання генетичних маркерів для ідентифікації стерильності та гібридності матеріалу в селекції жита озимого. Для удосконалення методичних підходів ідентифікації ознаки «стерильність–фертильність» і «гібридність» у рослин жита озимого застосовували діалельну схему схрещувань між генотипами, контрастними за маркерними морфолого-генетичними ознаками. Контроль рівня стерильності, фертильності та гібридності селекційного матеріалу здійснювали за використання генів-маркерів Ln/Ln «зелені/світлі вузли» стебла та Rp/rp «пласка/гофрована поверхня листка».

**Дослід 2.** Селекційна оцінка інбредних ліній-запилювачів жита озимого. Для оцінки відновлюючої здатності ліній проводили гібридизацію за системою контрольованих міжлінійних (міжгенотипових) схрещувань із застосуванням регульованого запилення (рис.1) [6].

Матеріал для гібридизації висівали у триразовій повторності розрідженим способом нормою висіву 20 насінин на 1 м погонний.

Запилення материнської стерильної форми відновлювачем фертильності проводили двома способами:

- контрольоване запилення під пергаментним ізолятором за парного висіву вихідних компонентів (рис. 2);
- ізольоване контрольоване запилення під пергаментним ізолятором за штучного долучення колосків батьківського компоненту.



*Рис. 1* Ділянка гібридизації жита озимого



*Рис. 2* Контрольоване запилення жита озимого під пергаментними ізоляторами за парного висіву вихідних компонентів.

Вихідний матеріал у системі схрещувань представлено цитоплазматично чоловічо-стерильними (ЦЧС) лініями та генотипами-кандидатами у відновлювачі фертильності жита озимого, що різнилися за генетичною природою та сукупністю фенотипових ознак. Отримані селекційні зразки вільно перезапильали або контрольовано самоzapильали за використання індивідуальних ізоляторів.

Рівень зав'язування насіння оцінювали у фазу повної стиглості зерна, як відносний показник, що визначали за співвідношенням кількості квіток суцвіття до кількості сформованого насіння у колосі.

Відновлювальну здатність ліній-відновлювачів фертильності оцінювали візуально за наявністю або відсутністю стерильних рослин у складі гібридної популяції [7].

Для визначення ступеня фертильності пилку у рослин із чоловічою стерильністю застосовували загальноприйняту п'ятибальну шкалу оцінювання [8]:

1 бал – повна чоловіча стерильність. Пиляки різко редуковані (довжина 0,5–3 мм), не екзертовані з квіток. До цієї категорії також відносять рослини з повністю стерильними пиляками завдовжки до 10 мм;

2 бали – повна чоловіча стерильність. Пиляки довжиною 4–5 мм з незначною кількістю дегенерованого пилку екзертовані з квіток, проте не розкриваються;

3 бали – часткова фертильність. У межах одного колоса поряд зі стерильними пиляками спостерігається хаотичне розміщення морфологічно відносно нормальних пиляків із різним ступенем деформації та наявністю невеликої кількості життєздатного пилку. Присутність життєздатного пилку зумовлює строкате світло-жовте забарвлення деформованих пиляків;

4 бали – неповна фертильність. Характеризується наявністю у межах однієї рослини як стерильних, так і фертильних колосів. Колосся нижнього ярусу повністю стерильні з дегенерованими пиляками (1 бал стерильності), тоді як колосся верхнього ярусу морфологічно нормальне й без ознак

стерильності. Такий тип стерильності пов'язують із генетичною мозаїчністю (різноюякісністю) тканин рослини;

5 балів – повна фертильність рослин.

Доведено, що пилок жита зберігає низький рівень життєздатності впродовж 20–28 годин, хоча за окремими даними його життєздатність обмежується 30–40 хвилинами [9].

Оцінку загальної комбінаційної здатності (ЗКЗ) проводили методом топ-кросу за використан тестера з широкою генетичною основою, а специфічної комбінаційної здатності (СКЗ) – системою діалельних схрещувань.

Частку справжнього та гіпотетичного гетерозису розраховували за формулами Х. Даскалева та співавторів [10]:

**Дослід 3.** Оцінка цінних господарських ознак створених ліній-відновлювачів фертильності жита озимого. Продуктивність селекційних матеріалів оцінювали за десятьма основними елементами структури врожаю: висота рослин (см), продуктивна кущистість (кількість стебел на рослину), довжина колосу (см), кількість квіток і зерен у колосі (шт.), озерненість колосу (%), щільність колосу, маса зерна з колосу та з рослини (г), маса 1000 насінин (г). У кожній гібридній комбінації аналізували 50 рослин із застосуванням статистичної обробки результатів за критерієм Ст'юдента.

Елементи структури врожаю визначали відповідно до методики [11]. Висоту рослин визначали в польових умовах перед збиранням урожаю за вимірювання стеблостою від поверхні ґрунту до верхівки колосу без урахування остюків з точністю до 1 см.

Фенологічні спостереження та оцінювання морфологічних елементів структури врожаю здійснювали відповідно «Методики проведення експертизи сортів рослин групи зернових на відмінність, однорідність і стабільність» [11] та «Морфологічних ознак сільськогосподарських культур для визначення відмінності, однорідності та стабільності сортів рослин» [12].

Стійкість до вилягання визначали двічі за дев'ятибальною шкалою (під час вилягання окремих зразків і перед збиранням урожаю). За виникнення екстремальних метеорологічних стресів (зливи, град, суховій) проводили додатковий аналіз стану посівів.

Оцінювання стійкості до ураження грибковими хворобами проводили на природному інфекційному фоні відповідно до «Методики проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин групи зернових, круп'яних та зернобобових культур на придатність до поширення в Україні» та «Методикою проведення фітопатологічних досліджень за штучного зараження рослин» [12, 13].

Оцінку стійкості рослин до хвороб визначали за дев'ятибальною шкалою:

- 9 – над висока стійкість (відсутність симптомів ураження);
- 8 – висока стійкість (ураження до 5 %);
- 7 – стійкість (5–10 %);
- 6 – помірна стійкість (10–15 %);
- 5 – слабка сприйнятливість, гетерогенність (15–25 %);
- 4 – сприйнятливість (25–40 %);
- 3 – висока сприйнятливість (40–65 %);
- 2 – над висока сприйнятливість (65–90 %);
- 1 – відсутність стійкості (90–100 %).

Збирання та облік урожаю проводили вручну у фазу повної стиглості зерна.

**Дослід 4.** Створення та апробація синтетичної популяції 23/5 жита озимого. Синтетичну популяцію створено методом полікросу. Відібрані зразки з високою загальною комбінаційною здатністю висівали на ізолюваній ділянці для панміктичного перезаплення.

Гібридне потомство поколінь  $F_1$ – $F_3$  оцінювали за сукупністю окремих структурно-морфологічних і технологічних ознак, що формують рівень продуктивності зразка. До основних показників належали висота рослин (см),

стійкість до вилягання (бали), довжина колосу (см), маса зерна з колосу та з рослини (г), урожайність (т/га), маса 1000 насінин (г), вміст в зерні білка (%), натура зерна (г/л). Під час аналізу враховували фенотипове варіювання в межах популяції і здійснювали добір форм з оптимальним поєднанням господарсько-цінних ознак для наступного селекційного вдосконалення.

Відбір і подальшу оцінку зразків проводили відповідно до вимог «Методики проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин групи зернових, круп'яних та зернобобових культур на придатність до поширення в Україні» [13, 14]. Ранжування зразків за висотою стеблостою виконували з використанням градованої шкали А. П. Орлюка зі співавторами [15].

Для аналізу елементів структури врожаю рослини відбирали разом із кореневою системою та аналізували в лабораторних умовах за основними показниками продуктивності.

Облік і аналіз господарсько цінних ознак, зокрема, врожайність гібридів, проводили відповідно до методики Державного сорто випробування [16, 17]. Перезимівлю оцінювали згідно з методикою Державного сорто випробування [18].

Аналіз технологічних характеристик зерна проводили за допомогою інфрачервоної спектроскопії на приладі Infratec™ Nova. Вміст білка в зерні визначали за ДСТУ 4117 [19], масу 1000 насінин – за ДСТУ ISO 520 [20].

Статистичний аналіз експериментальних даних виконували за допомогою програми Microsoft Excel із застосуванням методів дисперсійного і кореляційного аналізу відповідно до рекомендацій Е. Р. Ермантраута зі співавт. [21], В. О. Ушкаренка зі співавт. [22] і В. О. Єщенка зі співавт. [6].

## Висновки за розділом 2

1. Ґрунтово-кліматичні умови досліджуваного регіону є сприятливими для проведення селекційно-генетичних досліджень, спрямованих на створення високопродуктивного вихідного матеріалу жита озимого. Сукупність ґрунтових властивостей, температурного режиму й вологозабезпеченості формує оптимальний агроекологічний фон для об'єктивного оцінювання генотипів у природних агроценозах.
2. Погодні умови періоду проведення досліджень характеризувалися значною міжрічною мінливістю, що забезпечило формування контрастного гідротермічного фону для комплексної оцінки продуктивності та адаптивного потенціалу селекційних зразків. Варіабельність кліматичних показників дала змогу ідентифікувати генотипи, здатні стабільно реалізовувати генетично детермінований потенціал продуктивності у визначених екологічних умовах вирощування.
3. Вихідний селекційний матеріал характеризується широким генетичним та еколого-географічним різноманіттям, що забезпечує можливість створення та добору форм з різним рівнем прояву цінних господарських ознак і маркерних характеристик.
4. Методики, використані у дослідженнях, є загальноприйнятими та високоефективними, що забезпечує отримання нових вихідних матеріалів і достовірну оцінку їх морфо-біологічних та господарсько-цінних показників.
5. Удосконалення методик сприятиме прискоренню селекційного процесу створення високопродуктивних вихідних матеріалів культури.

За матеріалами розділу опубліковано одну наукову працю [5].

## СПИСОК ДЖЕРЕЛ ЛІТЕРАТУРИ ДО РОЗДІЛУ 2

1. Недвига М. В. Головчук А. Ф. Копитко П. Г. Грунти Уманщини в дослідженнях В. В. Докучаєва. *Вісник Харківського НАУ ім. В. В. Докучаєва*. 2009. С. 30–38.
2. Недвига М. В. Морфологічні критерії та генезис сучасних ґрунтів України. Київ: Сільгоспосвіта. 1994. 344 с.
3. Гідрометеорологічні бюлетні Черкаського обласного центру з гідрометеорології. E-mail: [cgm@ck.ukrtel.net](mailto:cgm@ck.ukrtel.net).
4. Novak Z. M., Riabovol L. O., Novak A. V., Liubchenko A. I., Liubchenko I. O., Diordiieva I. P., Synook I. V., Kulyk V. P., Fedorenko S. V., Slidenko S. I. Drought tolerance of developed wheat genotypes based on early diagnostics. *Biosystems Diversity*. Vol.34. № 4. P.
5. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Костогриз П. В., Опришко В. П. Основи наукових досліджень в агрономії: підручник. За ред. В. О. Єщенка. Вінниця: ТД «Едельвейс і К», 2014. 332 с.
6. Єгоров Д. К. Наукові основи селекції озимого жита (методика, результати). *Селекція польових культур збірник наукових праць*. УААН, ІР ім. В.Я. Юр'єва. Харків, 2008. С. 89–95.
7. Geiger H. Morgenstern K. Angewandt-genetische Studien zur zytoplasmatischen Pollensterilität bei Winterroggen. *Theoretical and Applied Genetics*. 1975. №46(6). P. 269–276.
8. Kliuchko, P. F., & Belousov, A. A. (1969). Some results of studying and using male sterility in winter rye breeding. *Breeding and Seed Production*. Kyiv: Urozhai, Issue 14, P. 34–38.
9. Zdrylko, A. F., Adamchuk, H. K., Krainiuk, N. A. Methodology of rye plant crossing in the study of cytoplasmic male sterility. *Breeding and Seed Production*. Kyiv: Urozhai. 1978. Issue 38, P. 16–20.
10. Даскалев Х., Йорданом А., Огнянова А. Гетерозис при домастите. *Българська академия на науките*. 1967. 179 с.

11. Методика проведення експертизи сортів рослин групи зернових на відмінність, однорідність і стабільність. Український інститут експертизи сортів рослин. 2021. 331 с.
12. Методика проведення експертизи сортів рослин групи зернових, круп'яних та зернобобових на придатність до поширення в Україні. Український інститут експертизи сортів рослин; ред. Ткачик С. О.; укл. Лівандовський А. А., Хоменко Т. М. та ін. Вінниця, 2016. 82 с.
13. Методика проведення фітопатологічних досліджень за штучного зараження рослин. Лещук Н. В. та ін. Український інститут експертизи сортів рослин. Київ, 2016. 74 с.
14. Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Методи визначення показників якості продукції рослинництва. Український інститут експертизи сортів рослин. Київ, 2016. 163 с.
15. Орлюк А. П., Гончар О. М., Усик Л. О. Генетичні маркери пшениці. Київ: Алефа, 2006. 144 с.
16. Волкодав В. В. Охорона прав на сорти рослин. Методика Державного випробування сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Загальна частина. Мінагрополітики України. Київ, 2003. Вип. 1. Ч. 3. 105 с.
17. Методи визначення показників якості рослинницької продукції. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур; під ред. О. М. Гончара. Державна комісія України по випробуванню та охороні сортів рослин, Державний центр сертифікації, ідентифікації та якості сортів рослин. Київ, Алефа, 2000. Вип. 7. С. 6–41.
18. Волкодав В. В. Охорона прав на сорти рослин. Методика проведення експертизи та державного випробування сортів рослин зернових, круп'яних та зернобобових культур. Мінагрополітики України. Київ, 2003. Ч. 3. 241 с.

19. ДСТУ 4117:2007. Зерно та продукти його переробки. Визначення показників якості методом інфрачервоної спектроскопії. Київ. 2007. 7 с.
20. ДСТУ ISO 520:2015. Зернові і бобові. Визначення маси 1000 насінин. Київ. 2015. 10 с.
21. Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті STATISTICA 6. Методичні вказівки. Київ: 2007. 55 с.
22. Ушкаренко В. О., Вожегова Р. А., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Статистичний аналіз результатів польових дослідів у землеробстві. Херсон: Айлант, 2013. 378 с.

## РОЗДІЛ 3

### ВИКОРИСТАННЯ ГЕНЕТИЧНИХ МАРКЕРІВ ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ СТЕРИЛЬНОСТІ ТА ГІБРИДНОСТІ РОСЛИН У СЕЛЕКЦІЇ ЖИТА ОЗИМОГО

Використання генетичних маркерів у селекції жита озимого є одним із основних інструментів сучасної гетерозисної селекції, що забезпечує оперативну та достовірну ідентифікацію цитоплазматичної чоловічої стерильності (ЦЧС), генів-відновлювачів фертильності та рівня гібридності селекційного матеріалу на різних етапах онтогенезу рослин.

Генетичні маркери – це специфічні ділянки ДНК із відомою локалізацією в геномі, асоційовані з певними спадковими ознаками. Їх використання дає змогу швидко й точно ідентифікувати відповідні гени або генні комплекси незалежно від фази розвитку рослини [1].

Морфологічні генетичні маркери, зазвичай, контролюються одним геном і проявляються у вигляді чітко виражених фенотипових ознак. До таких маркерів належать висота рослин, кількість вузлів і пагонів, наявність або відсутність антоціанового забарвлення, колір стебла, пиляків і насіння, форма та кількість листків, інтенсивність пігментації тощо.

Молекулярно-генетичні маркери за своєю природою представлені білками, мікро- та макромолекулами, а також специфічними електрофоретичними й імунологічними профілями ферментів і запасних білків рослин. Вони широко застосовуються в селекції та насінництві багатьох сільськогосподарських культур, зокрема пшениці, жита, соняшнику, буряку цукрового, кукурудзи, сорго тощо. Прикладом ефективного використання генетичних маркерів є залучення життєздатних хлорофільних мутацій для контролю генетичної чистоти при виробництві гібридного насіння буряку цукрового [2].

Після перевідкриття законів Г. Менделя у 1900 році вважалося, що закономірності успадкування підтверджуються переважно на прикладі якісних, чітко диференційованих маркерних ознак. Висловлювалася гіпотеза про існування інших механізмів успадкування допоміжних генів, дія яких зумовлює формування безперервних модифікаційних рядів у гібридних популяціях. Подальші дослідження довели, що й такі гени підпорядковуються Менделівським законам, однак характеризуються незначним індивідуальним ефектом, що проявляється лише в сукупній дії.

У більшості культурних рослин один або декілька генів можуть істотно впливати на рівень продуктивності та господарсько-цінні ознаки сорту. У зв'язку з цим актуальним є створення детальних генетичних карт хромосом і ідентифікація ключових генів, відповідальних за формування цінних селекційних ознак.

У процесі еволюційної дивергенції видів виникають різні типи мутацій. У селекційній практиці доцільно відбирати та залучати мутації з позитивним впливом на продуктивність і адаптивність культур, натомість інші мутаційні зміни можуть бути використані модельними об'єктами для аналізу функціонального значення генів і механізмів їх експресії.

### **3.1 Контроль стерильності материнської форми рослин жита озимого за використання маркерних генів Lp/Ln «зелені/світлі вузли стебла» та Rp/rp «пласка/гофрована поверхня листка»**

Молекулярно-генетичні маркери у селекційному процесі широко використовують для ідентифікації окремих генотипів і контролю успадкування господарсько цінних ознак. Застосування генетичних маркерів у гетерозисній селекції на основі цитоплазматичної чоловічої стерильності (ЦЧС) істотно спрощує процес створення та ідентифікації вихідних батьківських компонентів гібридизації, зокрема стерильної материнської

форми, її фертильного аналогу – закріплювача стерильності, а також ліній-відновлювачів фертильності [3, 4].

Існує низка генів, експресію яких складно безпосередньо оцінити, хоча їх вплив на морфогенез і розвиток рослин є очевидним. До таких належать гени, що контролюють забарвлення та форму квітки, висоту рослин, характер галушення, тривалість вегетаційного періоду тощо. Особливу цінність становить зв'язок цих ознак із рівнем продуктивності. Оцінку морфологічних маркерних ознак, зазвичай, здійснюють двома методами, обидва з яких ґрунтуються на аналізі ізогенних ліній, що мають ідентичну генетичну конституцію за винятком окремих алелей в одному або кількох локусах.

Е. Левітес у дослідженнях із культурою буряка цукрового використовував генетичні маркери у вигляді ізоферментів для контролю перехресного запилення самонесумісних ліній [5]. Г. Біяшев запропонував застосовувати генетичними маркерами для контролю гібридності рослин буряку фенольні сполуки [6]. Вперше метод генетичного маркування було використано для ідентифікації гаплоїдів кукурудзи, а згодом – у селекційних програмах тютюну, картоплі та інших культур [7, 8]. Пошук ефективних генетичних маркерів залишається актуальним завданням гетерозисної селекції жита озимого [9].

Метою нашої роботи було теоретичне обґрунтування та вдосконалення технології селекційного процесу за використання генетичних маркерів для ідентифікації ознаки «стерильність–фертильність» при створенні вихідних форм жита озимого.

Геном жита озимого містить низку генів, що контролюють ознаки, які легко візуально диференціюються в популяції та можуть бути використані ефективними генетичними маркерами. Одним із таких маркерів для ідентифікації стерильності, фертильності та гібридності є ген  $Ln/Ln$ , що контролює забарвлення вузлів стебла (зелені або світлі) (рис. 3.1). Домінантний алель зумовлює зелений колір вузлів стебла, рецесивний – світлий. Використання цієї маркерної ознаки дає змогу оперативно

ідентифікувати стерильність материнських форм та визначати гібридність селекційного матеріалу на ранніх етапах онтогенезу.

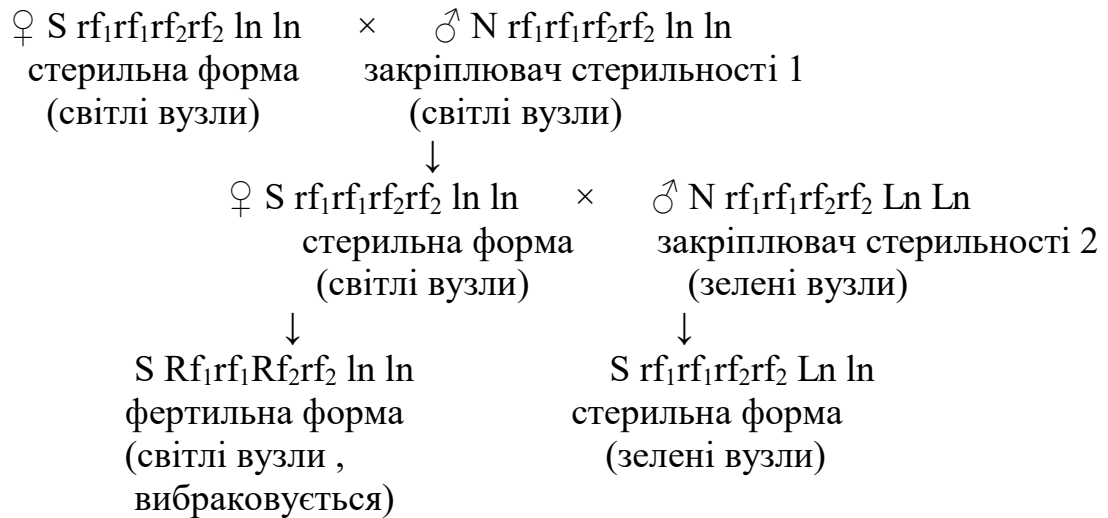


1

2

**Рис. 3.1 Зразки жита озимого з альтернативними маркерними ознаками забарвлення вузлів стебла: 1 – зелене (домінантна ознака) зразок 271/16; 2 – світле (рецесивна ознака) зразок 1620-5**

Вирішення завдання досягається тим, що для гібридизації використовують материнську і батьківську форми, які відрізняються маркерними генами, що контролюють ознаку «зелений/світлий вузол стебла», яка є досить ефективним маркером. Материнська стерильна форма та батьківська форма 1 (закріплювач стерильності 1) повинні мати ген  $I_n$  в гомозиготному стані, який відповідає за світлий вузол, а батьківська форма 2 (закріплювач стерильності 2) – ген  $I_n$  в гомозиготному стані, що забезпечує зелений вузол (рис. 3.2).



**Рис. 3.2 Використання маркерного гена Ln/ln «зелені/світлі вузли стебла» для визначення стерильності материнської форми рослин жита озимого.**

Загалом, мета роботи досягається тим, що використовують два закріплювача стерильності, які відрізняються маркерними генами, що контролюють ознаки, що проявляються до цвітіння. Колір вузлів стебла є ефективним маркером. Стерильну форму зі своїм аналогом-закріплювачем стерильності розмножують ізольовано. Ізольовано розмножують і другий закріплювач стерильності з домінантним геном маркерної ознаки.

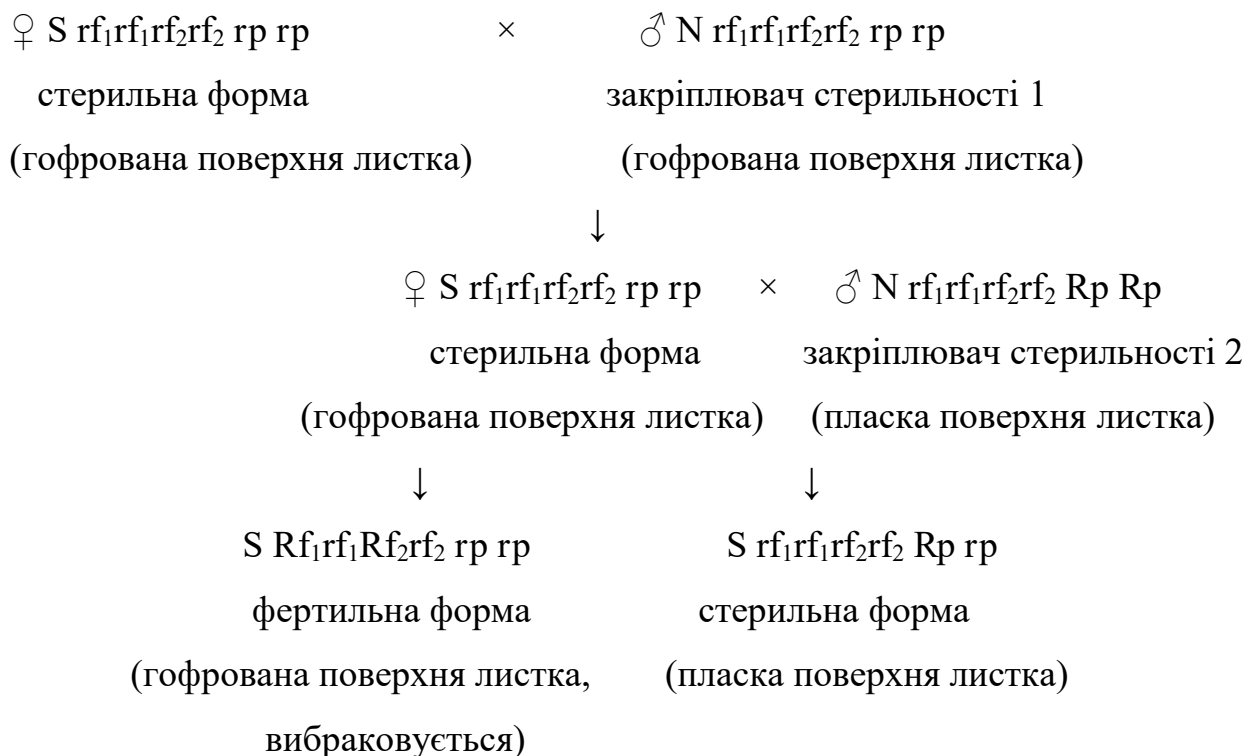
На останньому етапі розмноження стерильну форму з світлими вузлами запиляють другим закріплювачем стерильності з домінантним маркерним геном з зеленими вузлами і за маркерною ознакою визначають, яким чином отримано особину: при запиленні стерильної форми необхідним нам закріплювачем стерильності, чи за перезапилення стерильної форми фертильними (напівфертильними) особинами, що в подальшому вибраковуюються.

За основу в цьому способі поставлено задачу підвищення продуктивності гібридів жита озимого на промисловому рівні за використання компонентами гібридизації виключно стерильних рослин. Метою винаходу є контроль стерильності материнської форми за

фенотиповими ознаками окремих особин, що візуально виявляються до цвітіння рослин.

Ще одним ефективним маркером для ідентифікації ознаки «стерильність–фертильність» материнської форми жита озимого є ген  $Rp/rp$ , який контролює форму поверхні листової пластинки.

Згідно з цим методом, для контролю стерильності використовують дві морфологічно контрастні форми: гофрованолистову стерильну материнську форму та гофрованолистовий закріплювач стерильності. На першому етапі проводять схрещування стерильної форми з закріплювачем стерильності того ж фенотипу (гофровані листки). Далі розмножену стерильну форму схрещують із закріплювачем стерильності, що несе домінуючий алель  $Rp$ , який зумовлює пласку (рівну) поверхню листка. За фенотиповим проявом маркерної ознаки – форми листової пластинки – здійснюють контроль стерильності рослин (рис. 3.3).



**Рис. 3.3 Використання маркерного гена  $Rp/rp$  «пласка/гофрована поверхня листка» для визначення стерильності материнської форми рослин жита озимого.**

Застосування цього способу забезпечує ефективний контроль стерильності на ранніх етапах розвитку рослини, до фази цвітіння, та дозволяє отримати повністю стерильні материнські форми на ділянках гібридизації.

Отже, маркерні ознаки повинні виконувати своє завдання – візуально визначати особини, що сформувалися в результаті запилення стерильної форми другим закріплювачем стерильності з домінантним геном пласкої поверхні листка, від особин отриманих в результаті запилення стерильної форми фертильними або напівфертильними сібсами. Вибраковку фертильних рослин проводять за маркерною ознакою до цвітіння, а стерильні рослини, що залишають на ділянці, використовують для отримання гібридного насіння. Таким чином фертильні і напівфертильні рослини з гофрованою поверхнею листка механічно виділяють з площі до початку цвітіння жита озимого, що забезпечує формування повністю генетично-чистого насіння материнської стерильної форми.

### **3.2 Контроль гібридності рослин жита озимого за використання маркерних генів $Ln/l_n$ «зелені/світлі вузли» та $Rp/r_p$ «пласка/гофрована поверхня листка»**

Гібридність партії насіння є важливим показником якості, що характеризує відсоток гібридного насіння у загальній масі насіннєвого матеріалу. Для елітної гібридної продукції рівень гібридності повинен становити не менше 99,8 %.

У процесі створення гібридів та виробництва насіннєвого матеріалу покоління  $F_1$  частка гібридних рослин у загальній популяції має бути максимальною. Однак при застосуванні традиційної технології гібридизації, що ґрунтується на переопиленні стерильної материнської форми лінією-запилювачем, рівень гібридності потомства не завжди досягає оптимальних

значень. У зв'язку з цим актуальним є використання надійних генетичних маркерів, що забезпечують оперативний контроль гібридності та дає змогу ідентифікувати істинні гібриди за фенотиповими ознаками.

Метою дослідження було обґрунтування та розроблення способу підвищення ефективності гетерозисної селекції та продуктивності промислових гібридів жита озимого, а саме контролю гібридності матеріалу на ділянках гібридизації, за використання компонентів гібридизації, контрастних за маркерною ознакою, контрольованою геном  $L_n/L_n$ . Материнська стерильна форма та закріплювач стерильності повинні мати гени  $l_n/l_n$  (рецесивна гомозигота), що зумовлює формування світлого забарвлення вузлів, натомість батьківська форма – лінія-відновлювач фертильності – мати генотип  $L_n/L_n$ , що визначає зелений колір вузлів.

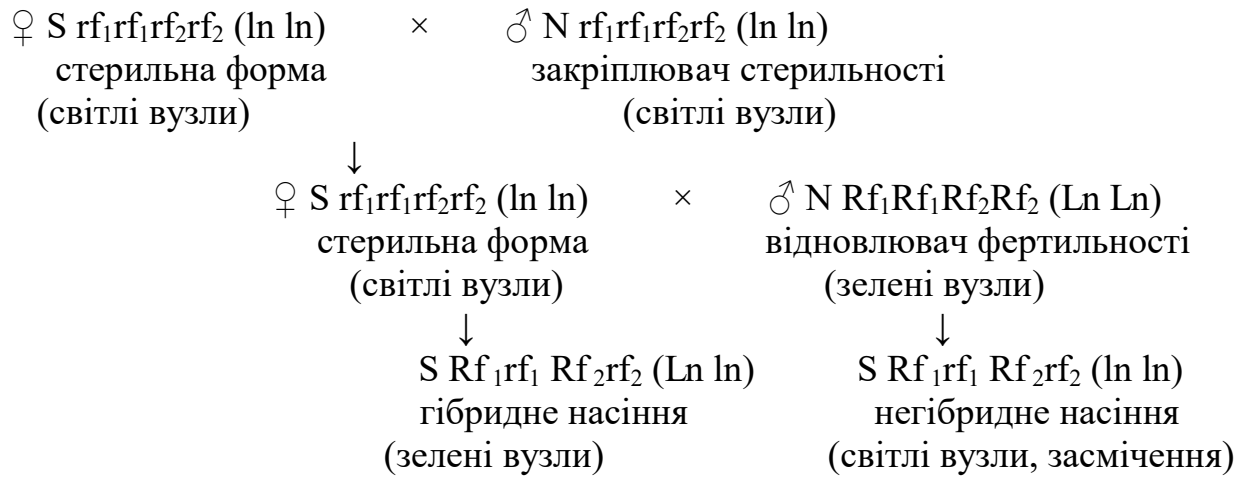
Контроль гібридності здійснювали за фенотиповим проявом маркерної ознаки забарвлення вузлів у рослин покоління  $F_1$ . За гібридності насінневого матеріалу всі рослини мали домінуючий фенотип (зелені вузли), що свідчило про успішне запилення стерильної материнської форми пилом відновлювача фертильності. Отже, використання маркерного гена  $L_n/L_n$  забезпечує ефективний генетичний контроль гібридності та сприяє підвищенню сортової чистоти й продуктивності гібридного насінневого матеріалу жита озимого.

Стерильну форму зі своїм аналогом-закріплювачем стерильності розмножують ізольовано. Ізольовано розмножують і відновлювач фертильності з домінуючим маркерним геном.

На завершальному етапі гібридизації стерильну материнську форму з рецесивною маркерною ознакою світлого забарвлення вузлів (генотип  $l_n/l_n$ ) запилюють лінією-відновлювачем фертильності, що несе домінуючий маркерний ген  $L_n$  і характеризується зеленим забарвленням вузлів (генотип  $L_n/L_n$ ). За фенотиповим проявом маркерної ознаки у рослин гібридного покоління  $F_1$  здійснюють ідентифікацію походження кожної особини.

Рослини  $F_1$  із зеленим забарвленням вузлів ідентифікують дійсними гібридами, сформованими внаслідок запилення стерильної материнської

форми пилюком відновлювача фертильності. Натомість рослини зі світлим забарвленням вузлів розглядають як результат небажаного самозапилення або запилення фертильними чи напівфертильними особинами, що могли сформуватися в популяції стерильних рослин унаслідок генетичного та/або механічного засмічення батьківських компонентів гібридизації (рис 3.4).

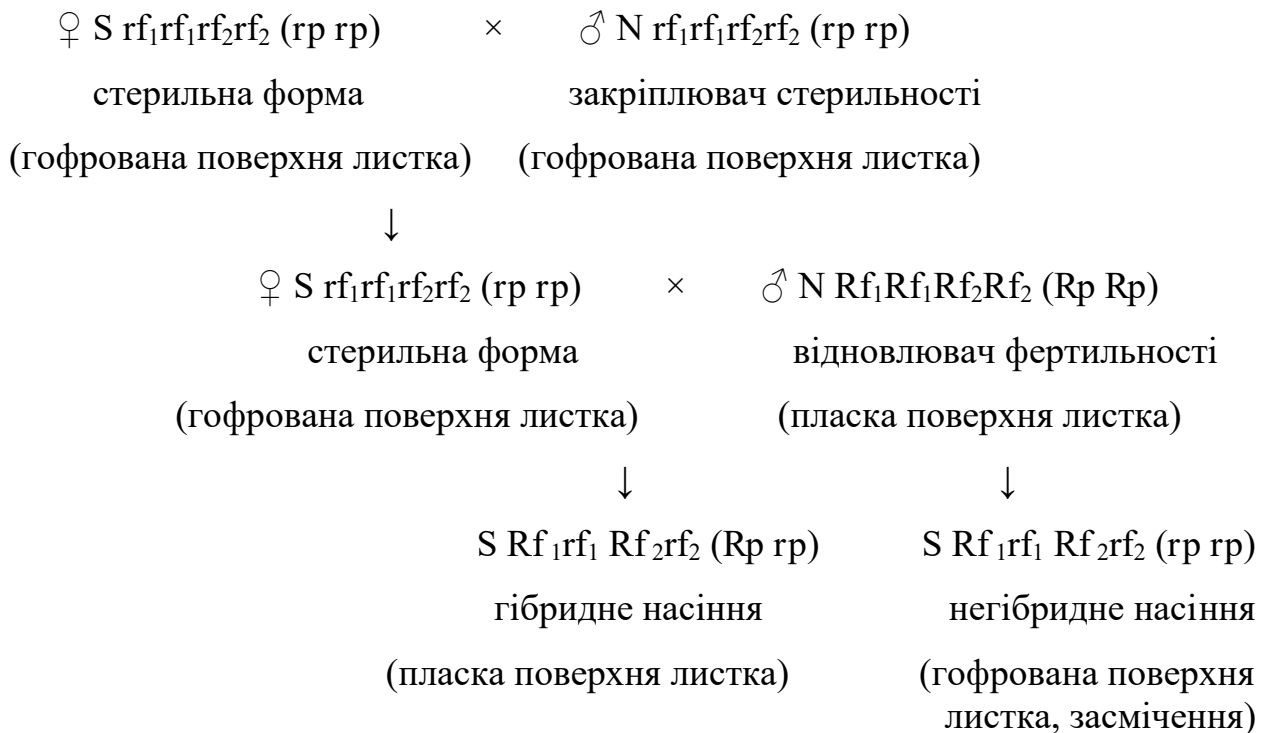


**Рис. 3.4 Використання маркерного гена Ln/ln «зелені/світлі вузли стебла» для визначення гібридності рослин жита озимого.**

Аналогічним чином контроль гібридності партії посівного матеріалу жита озимого може бути здійснено за використання маркерного гена Rp/rp, що контролює ознаку «пласка/гофрована поверхня листкової пластинки». Для проведення гібридизації застосовують материнську та батьківську форми, контрастні за маркерною ознакою, що визначає морфологію поверхні листка.

Материнська стерильна форма та її фертильний аналог – закріплювач стерильності, повинні мати генотип rp/rp, що зумовлює формування гофрованої поверхні листкової пластинки. Батьківська форма – лінія-відновлювач фертильності – має генотип Rp/Rp, який забезпечує формування пласкої (рівної) поверхні листка. Гібридні рослини покоління F<sub>1</sub> мають домінуючу ознаку – пласку поверхню листкової пластинки, що дає змогу

ефективно контролювати гібридність насіннєвого матеріалу за візуальною маркерною ознакою на ранніх етапах онтогенезу (рис 3.5).



**Рис. 3.5 Використання маркерного гена  $Rp/rp$  «пласка/гофрована поверхня листка» для визначення гібридності рослин жита озимого.**

Використання маркерного гена  $Rp/rp$  на ділянках гібридизації забезпечує ефективний контроль гібридності рослин жита озимого на ранніх етапах органогенезу та дає змогу оперативно визначати частку істинних гібридів у посівах. Це, у свою чергу, дозволяє здійснювати об'єктивний контроль рівня гібридності насіннєвого матеріалу промислових партій і відбирати для висіву лише партії насіння з високими показниками гібридності.

Отже, розроблено та науково обґрунтовано способи контролю стерильності та гібридності рослин жита озимого. Доведено, що гени  $Ln/l_n$  і  $Rp/rp$  є ефективними маркерами для ідентифікації ознак стерильності та гібридності насіннєвого матеріалу. Маркерні фенотипові ознаки – забарвлення вузлів і форма поверхні листової пластинки – дають

можливість візуально ранжувати рослини, сформовані в результаті запилення заданих батьківських компонентів гібридизації, від особин, що виникли внаслідок небажаних схрещувань або генетичного й механічного засмічення вихідного матеріалу [10, 11].

Використання зазначених маркерів забезпечує отримання генетично однорідного гібридного насіння, підвищує сортову чистоту та сприяє зростанню продуктивності промислових гібридів жита озимого. Розроблені способи контролю стерильності та гібридності рослин дозволяють істотно підвищити рівень гібридності насінневих партій і оптимізувати систему насінництва гібридного жита озимого.

### **3.3 Аналіз успадкування маркерних генів ідентифікації окремих ознак жита озимого**

Світові тенденції аграрного виробництва спрямовані на розширення посівних площ під гібридними культурами [12, 13].

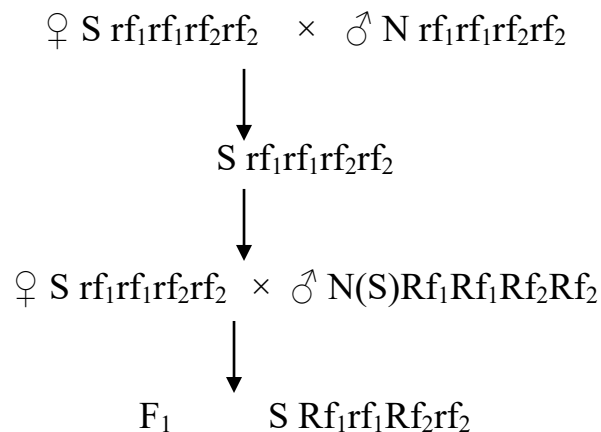
Сучасна селекція жита озимого в Україні орієнтована на створення високопродуктивних екотипів. Для отримання високопродуктивних сортів-синтетиків та гібридів  $F_1$  необхідний точний відбір чистолінійних батьківських компонентів гібридизації, що потребує значних трудових і фінансових ресурсів.

Ефективним прийомом у гетерозисній селекції жита є використання генетичних маркерів, що контролюють морфологічні та господарсько-цінні ознаки. Застосування таких маркерів дозволяє скоротити трудомісткість селекційного процесу та підвищити точність ідентифікації селекційного матеріалу [14, 15].

Для ведення гетерозисної селекції жита використовують внутрішньовидову та міжвидову гібридизацію, що забезпечує перебудову геному та рекомбінацію генів у нащадків. У процесі формування покоління  $F_1$  можуть виникати труднощі з успадкуванням бажаних та небажаних генів,

зокрема складним є відокремлення позитивних ознак від негативних. Основним завданням селекції є комбінування в генотипі максимальної кількості генів, що контролюють цінні господарські ознаки та властивості рослин [16, 17].

У гетерозисній селекції жита озимого при створенні гібридів  $F_1$  зазвичай застосовують систему цитоплазматичної чоловічої стерильності (ЦЧС). Ця система передбачає поетапну гібридизацію: спочатку стерильну материнську форму схрещують із закріплювачем стерильності для розмноження стерильної форми, а потім – із лінією-відновлювачем фертильності для отримання гібридного матеріалу  $F_1$  (рис 3.6).



**Рис 3.6 Генетична схема отримання ЧС гібридів жита за використання ЦЧС Рапра-типу.**

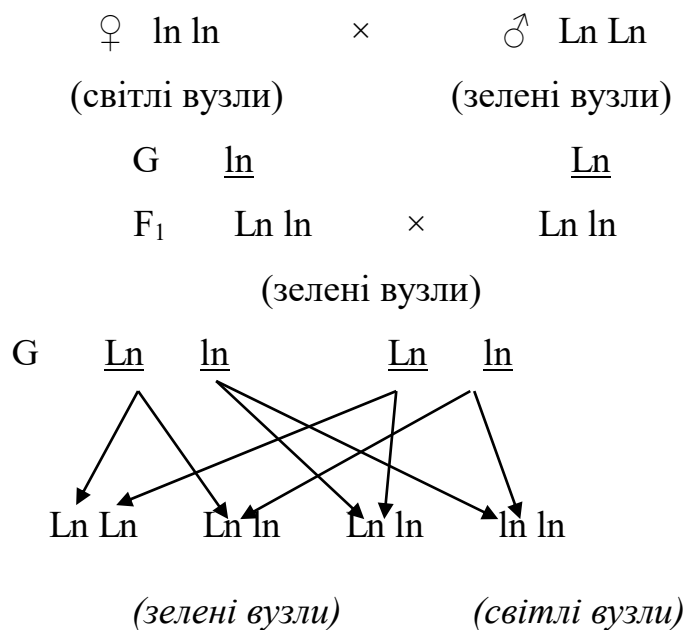
Жито ( $2n = 14$ ) є диплоїдною культурою, що сприяє моногенному успадкуванню окремих морфологічних ознак. Це полегшує введення в геном реципієнта певного гена або групи генів за допомогою беккросування та їх переведення в гомозиготний стан. Геном жита містить низку генів, які можуть використовуватися маркерами в гетерозисній селекції [18, 19]. Зокрема, ефективними маркерами є ознаки, контрольовані генами  $L_n/L_n$  («зелені/світлі вузли») та  $R_p/r_p$  («пласка/гофрована поверхня листка»).

Метою роботи було теоретичне обґрунтування використання генетичних маркерів для ідентифікації ознаки «стерильність–фертильність»

та гібридності батьківських компонентів гібридизації жита озимого. У дослідженнях протестовано два маркерні гени, як індикатори ознаки стерильність–фертильність і гібридності рослин, зокрема,  $L_n/l_n$ , що контролює забарвлення вузлів стебла («зелені/світлі вузли») та  $R_p/r_p$ , що визначає форму поверхні листової пластинки («пласка/гофрована поверхня листка»).

Вперше рослини жита зі світлими вузлами було виділено в результаті індивідуальних доборів зі створеної гібридної популяції у 2015 році. З літературних джерел відомо, що світлі вузли контролює рецесивний ген  $l_n$ , тобто рослини з таким фенотипом є гомозиготами  $l_n/l_n$ . Виділені рослини ізолювали та проводили кілька циклів інбридингу для формування чистої лінії. У результаті створено зразок 1620-5, що вирізнявся маркерною ознакою – світлі вузли стебла.

Для визначення характеру успадкування ознаки зразок 1620-5 було перезапилено одним із тестових запилювачів – зразком 271/16. За результатами гібридизації форм із альтернативними ознаками було встановлено тип успадкування цієї маркерної ознаки у нащадків (рис 3.7).



**Рис. 3.7** Схема успадкування гена  $L_n/l_n$  «зелені/світлі вузли» стебла рослин жита озимого.

За гібридизації всі гібриди першого покоління  $F_1$  мали зелені вузли стебла. Тобто відмічено повне домінування за ознакою. У гібридів  $F_2$  фіксували розщеплення в поколінні за кольором вузла. За статистичного аналізу розщеплення популяції  $F_2$  показано, що  $\chi^2_{\text{ф}} < \chi^2_{\text{ст}}$  (табл. 3.1). Це підтверджує, що дані відповідають моногібридному розщепленню з повним домінуванням у відношенні 3 : 1. Значення  $\chi^2$  істотне за  $P < 0,001$ .

Таблиця 3.1

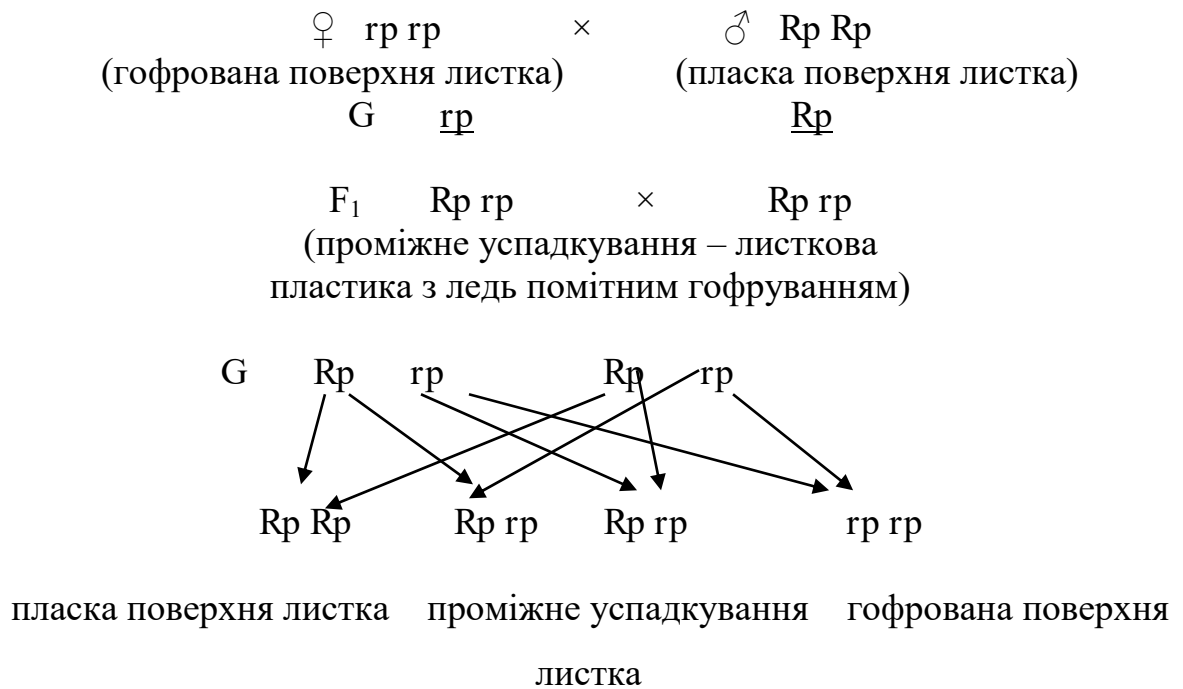
**Аналіз розщеплення рослин жита озимого у  $F_2$  за геном Ln/lн  
комбінації схрещування ♀ 1620-5 × ♂ 271/16**

Показник	Розщеплення рослин за кольором вузла стебла		Кількість рослин у досліді
	зелений вузол (LnLn, Lnln)	світлий вузол (lnln)	
Фактичні дані (p)	164	48	212
Співвідношення рослин за ознакою	0,774	0,226	1
Теоретично очікувані за розщеплення 3 : 1 (q)	159	53	212
Відхилення експериментальних даних від теоретично очікуваних (d)	5	-5	0
Квадрат відхилення ( $d^2$ )	25	25	–
Відношення квадрата відхилення до теоретично очікуваних даних ( $d^2/q$ )	0,157	0,472	–
$\chi^2$			0,629

У поколінні  $F_2$  було проаналізовано 212 рослин жита озимого, і встановлено, що забарвлення вузла стебла є ефективною маркерною ознакою для ідентифікації стерильних і гібридних рослин. Задовго до цвітіння за фенотипом забарвлення вузла можна виявити негібридні рослини в розсаднику гібридизації та своєчасно видалити їх із дослідної ділянки, що підвищує чистоту гібридного матеріалу.

У процесі досліджень відібрано зразок жита озимого 1560-8, що вирізнявся гофрованою поверхнею листкової пластинки. Відомо, що за дану ознаку відповідає ген Rp/rp у рецесивному стані, тобто зразок 1560-8 є рецесивною гомозиготою (rp/rp). Для визначення характеру успадкування ознаки зразок було переопилено тестовим запилювачем 271/16.

У гібридів першого покоління ( $F_1$ ) проявилася проміжна ознака – листкова пластинка стала пласкішою, з ледь помітним гофруванням краю. Це свідчить про неповне домінування гена  $Rp$ , тобто проміжне успадкування (рис. 3.8).



**Рис. 3.8** Схема успадкування гена  $Rp/rp$  «пласка/гофрована поверхня листка» рослин жита озимого.

У поколінні  $F_2$  було отримано рослини трьох фенотипових класів: домінантною ознакою (пласка поверхня листка), рецесивною (гофрована поверхня) та проміжним типом (пласка листкова пластинка з ледь помітним гофруванням краю), що підтверджує успадкування ознаки за типом неповного домінування.

Проведений статистичний аналіз показав, що гібриди  $F_2$  розщеплюються за фенотипом у співвідношенні 1 : 2 : 1 за типом моногібридного схрещування з проміжним успадкуванням ознаки. Значення  $\chi^2$  істотне за  $P < 0,001$  (табл. 3.2).

**Аналіз розщеплення рослин жита озимого у F<sub>2</sub> за геном Rp/rp  
комбінації схрещування ♀ 1560-8 × ♂ 271/16**

Показник	Розщеплення рослин за формою поверхні листякової пластинки			Кількість рослин у досліді (шт)
	пласка поверхня листяка (RpRp)	проміжне успадкування (Rrpp)	гофрована поверхня листяка (rrpp)	
Фактичні дані (p)	47	92	39	178
Співвідношення рослин за ознакою	0,264	0,517	0,219	1
Теоретично очікувані за розщеплення 1: 2 : 1 (q)	44,5	89	44,5	178
Відхилення експериментальних даних від теоретично очікуваних (d)	2,5	3	-5,5	0
Квадрат відхилення (d <sup>2</sup> )	6,25	9	30,25	–
Відношення квадрата відхилення до теоретично очікуваних даних (d <sup>2</sup> /q)	0,140	0,101	0,679	–
$\chi^2$				0,920

У поколінні F<sub>2</sub> було проаналізовано 178 рослин жита озимого. Гетерозиготні морфотипи за геном Rp/rp вирізнялися від домінантних гомозигот помірно гофрованим краєм листкової поверхні, при цьому вони чітко відрізнялися від рецесивних гомозиготних особин. Встановлено, що ген Rp/rp, який контролює ознаку «пласка/гофрована поверхня листкової пластинки», є ефективним маркером для ідентифікації ознаки «стерильність–фертильність» і «гібридність» матеріалу на ділянках гібридизації. Варіації морфотипів за маркерною ознакою можна ідентифікувати ще до початку цвітіння рослин.

Отже, доведено, що гени Ln/l<sub>n</sub> («зелені/світлі вузли стебла») та Rp/rp («пласка/гофрована поверхня листка») є ефективними маркерами для ідентифікації ознак «стерильність–фертильність» і «гібридність» рослин жита озимого. Візуальну ідентифікацію та вибірку рослин можна проводити на ранніх етапах онтогенезу, до початку цвітіння.

Визначено тип успадкування генів  $L_n/l_n$  і  $R_p/r_p$ . Підтверджено, що ознаки «зелені/світлі вузли» та «пласка/гофрована поверхня листка» контролюються моногенно. Ген  $L_n/l_n$  успадковується за типом повного домінування з розщепленням гібридів  $F_2$  за схемою 3:1, натомість ген  $R_p/r_p$  демонструє неповне домінування із формуванням у гетерозиготних форм проміжної ознаки за схемою 1 : 2 : 1.

Відселектовані зразки 1620-5 (рецесивна гомозигота за геном  $L_n/l_n$ ) та 1560-8 (рецесивна гомозигота за геном  $R_p/r_p$ ) розмножено в селекційному розсаднику для подальших досліджень. Відмічено можливість перенесення рецесивних маркерних ознак нащадкам за допомогою беккросування та індивідуального добору генотипів.

На основі проведених досліджень розроблено способи контролю ознак «стерильність–фертильність» та «гібридність» рослин жита озимого на ділянках гібридизації за використанням маркерних генів  $L_n/l_n$  і  $R_p/r_p$  [14, 15].

### Висновки за розділом 3

1. Зміна архітекtonіки рослин є ефективним селекційно-генетичним інструментом формування нових морфобіологічних ознак та оптимізації фенотипової і генотипової структури популяцій, спрямованих на підвищення реалізації продукційного потенціалу рослин жита озимого.
2. Доведено, що за ведення гетерозисної селекції жита озимого для ідентифікації селекційного матеріалу доцільно використовувати генетичні маркери, що дозволяє ефективно визначати чистоту матеріалу до цвітіння за його фенотиповими проявами. Ідентифіковано гени, що можуть слугувати маркерами для генотипового скринінгу вихідного матеріалу на різних фазах онтогенезу жита озимого.
3. Встановлено, що гени  $L_n/l_n$  «зелені/світлі вузли рослин» і  $R_p/r_p$  «пласка/гофрована поверхня листка» можуть використовуватись ефективними генетичними маркерами для візуальної ідентифікації ознаки «стерильність–фертильність» і «гібридність» рослин жита озимого.

4. Підтверджено, що ознака «зелені/світлі вузли стебла» та «пласка/гофрована поверхня листка» контролюються моногенно. Ген  $L_n/l_n$  успадковується за типом повного домінування, а ген  $R_p/r_p$  – не повного домінування за формування у гетерозигот проміжної ознаки.
5. Розроблено способи селекційно-генетичного контролю прояву цитоплазматичної чоловічої стерильності та гібридності рослин жита озимого, що забезпечує ідентифікацію ознаки «стерильність–фертильність» материнського компонента (патент № 161582) та гібридного матеріалу (патент № 161581) за маркерними ознаками до цвітіння рослини.
6. Сформовано генетичну колекцію зразків жита озимого, що можуть використовуватись донорами генів маркерних ознак, зокрема, зразок 1620-5 – рецесивна гомозигота за геном  $L_n/l_n$ , а зразок 1560-8 – за геном  $R_p/r_p$ .

За матеріалами розділу опубліковано одну наукову працю [15] та отримано два патенти на корисну модель [10, 11].

### СПИСОК ДЖЕРЕЛ ЛІТЕРАТУРИ ДО РОЗДІЛУ 3

1. Електронний ресурс: <https://www.kws.com/ua/uk/media-ta-innovatsiyi/innovatsiyi/metody-selektsiyi/markerna-tehnologiya-ta-genomna-selektsiya>.
2. Парій Ф. М. Генетичне поліпшення гібридних буряків (*Beta vulgaris* L.) : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. біолог. наук : спец. 03.00.15 «Генетика». Київ, 1993. 38 с.
3. Ribaut J. M., Vicente M. C, Delannay X. Molecular breeding in developing countries: challenges and perspectives. *Current Opinion in Plant Biology*. 2010. V.13. P. 1–6.
4. Xu Y. *Molecular plant breeding*. CAB International, UK. 2010. P. 734.
5. Мазур З. О. Селекція жита озимого на гетерозис. *Цукрові буряки*. 2005. № 5 (47). С. 12–13.

6. Парій Ф. М. Теоретичні основи створення гібридів цукрових буряків на стерильній основі. *Селекція і насінництво*. 1983. Вип. 45. С. 3–12.
7. Глущенко Л. Т., Дутченко З. Я. Порівняльна оцінка сортів озимого жита з урахуванням попередника та норм висіву. *Вісник Сумського НАУ*, 2012. № 2 (23). С. 146–149.
8. Capouchova J., Petr J., Skerik J. Zvlastnosti tvorby vynosy hybridnih odzud zita. *Postl. Vyroba*, 1998. № 1. S. 31–38.
9. Рябовол Я. С., Парій Ф. М., Рябовол Л. О. Генетичні основи створення батьківських компонентів гібридів жита озимого: монографія. Умань: Візаві, 2017. 188 с.
10. Рябовол Л. О., Рябовол Я. С., Сліденко С. І., Діордієва І. П. Патент на корисну модель № 161581 від 18.12.2025 р. (Україна). Спосіб контролю гібридності рослин жита озимого за геном Ln/Ln «світлі вузли стебла»; заявка № u 202502330 від 19.05.2025; Опубл. 17.12.2025, Бюл. № 51/2025. 4 с.
11. Рябовол Я. С., Рябовол Л. О., Сліденко С. І. Патент на корисну модель № 161582 від 18.12.2025 р. (Україна). Спосіб контролю стерильності рослин жита озимого за геном Ln/Ln «світлі вузли стебла»; заявка № u 202502332 від 19.05.2025; Опубл. 17.12.2025, Бюл. № 51/2025. 4 с.
12. Електронний ресурс: <https://www.agronom.com.ua/osoblyvosti-suchasnoyi-tehnologiyi-vyroshhuvannya-gibrydnogo-zhyta>.
13. Geiger, H. H., & Miedaner, T. Rye breeding: past, present and future. *Plant Breeding*, 2023. 142(2). P. 123–137.
14. Miedaner, T., Geiger, H. H. Hybrid rye breeding: achievements and challenges. *Plant Breeding*, 2023. 142(4). P. 567–584.
15. Рябовол Я. С., Рябовол Л. О., Сліденко С. І. Використання маркерних генів за ведення гетерозисної селекції жита озимого. Матеріали Міжнародної інтернет-конференції «Наукове забезпечення виробництва конкурентоспроможної сільськогосподарської продукції в

- умовах формування екологічностійких агроландшафтів», 17 червня 2025 р. Уманський НУ [та ін.], Умань, 2025. С. 122–123.
16. Nalborchuk E., Nalborchuk T., Wawrzonowskaya B., Models of photosynthetic activities in cereals. Photosynthesis and productivity. Balaban international Science services, Philadelphia, 1981. P. 97–106.
  17. Vendelbo N., Sarup P., Orabii J. Analysis of population structure and genetic diversity within hybrid rye elite breeding component lines. Digital breeding. International symposium of the society of plant breeding e. V. (GPZ). Tulln, 2020. P. 66.
  18. Тимошук Т. М., Чайка О. В., Ничипорук В. В. Сорт як фактор формування стійких агроценозів жита озимого. Вісник Сумського НАУ. 2013. № 3 (25). С. 218–221.
  19. Рябовол Я. С., Рябовол Л. О. Зміна архітекtonіки колосу, як оди із чинників підвищення продуктивності жита озимого. Вісник Уманського НУС. Умань, 2016. Вип. № 1. С. 69–71.

## РОЗДІЛ 4

### СЕЛЕКЦІЙНА ОЦІНКА ІНБРЕДНИХ ЛІНІЙ-ЗАПИЛЮВАЧІВ ЖИТА ОЗИМОГО

Періодичний добір у селекційних програмах жита спрямований на збільшення частки високопродуктивних генотипів, сформованих за селекції ліній, що сприяє збагаченню генофонду цінними зразками [1, 2].

Застосування класичної схеми створення чистих ліній жита та формування на їх основі синтетичних сортів і гібридів суттєво звужує можливості одержання продуктивних генотипів. Це зумовлено дією низки обмежувальних чинників, зокрема високим рівнем інбридингу, що супроводжується зниженням рівня гетерозиготності матеріалів вдвічі з кожним поколінням, невеликими розмірами популяцій, проявом зчеплення генів тощо [1–6].

Учені Хейс і Гарбер у 1919 р. та Іст і Джонс в 1920 р. незалежно, вперше висунули ідею щодо необхідності посилити рекомбінацію генів і детально вивчати ефективність селекційного матеріалу за аналізу перших гібридних поколінь. Вчений Дженвінс вперше тотально описав цей метод, а Хелл запропонував назву «періодичний добір» [7–13].

Розрізняють чотири типи періодичного добору: за фенотипом, на загальну комбінаційну здатність, на специфічну комбінаційну здатність, реципрокний періодичний добір [14–17].

Незалежно усі системи періодичного добору носять циклічний характер. У кожному циклі проводять оцінку відібраних форм, їх самозапилення та схрещування нащадків кращих самозаплених генотипів у різних комбінаціях [15–17].

#### 4.1 Оцінка інбредних ліній-кандидатів у відновлювачі фертильності на відновлюючу здатність

Для розв'язання комплексних завдань у селекції за використання цитоплазматичної чоловічої стерильності (ЦЧС) селекціонеру необхідно отримати високопродуктивні інцухт-лінії з високим адаптивним потенціалом, підвищеною генетичною стабільністю та високою загальною і специфічною комбінаційною здатністю. На наступному етапі потрібно створити стерильні аналоги цих ліній за переведення генетичного матеріалу створеної лінії на стерильну плазму. Паралельно проводять ідентифікацію та добір ефективних закріплювачів стерильності (ліній із рецесивними алелями генів *rfrf*) та відновлювачів фертильності пилку, що несуть домінантні алелі *Rf*-генів [15].

Ефективність гетерозисної селекції істотно залежить від оптимального добору батьківських компонентів гібридизації. Оцінювання селекційного матеріалу перед схрещуванням потребує інформації про очікуваний генетико-економічний ефект від використання конкретних генофондів. Такі дані отримують через визначення селекційної цінності кожної самозапиленої лінії, що залишають для підтримуючого розмноження чи залучення до комбінаційної схеми [15, 16].

Цінність ліній-відновлювачів фертильності полягає у їх високій відновлювальній здатності (ефективності *Rf*-генів), інтенсивному мікроспорогенезі, високій життєздатності мікроспор і повноцінній фертильності пилку. Окрім цього, ці лінії повинні характеризуватися високими показниками комбінаційної здатності та власної генетично зумовленої продуктивності [16–19].

Метою досліджень було встановлення відновлювальної здатності створених інбредних ліній-кандидатів у відновлювачі фертильності за переопилення ними стерильної материнської форми на ділянках гібридизації.

У ліній з ЦЧС *R*-типу рівень фертильності гібридів залежить від генотипів відновлювача фертильності та стерильної материнської форми і

рівня генетичної сумісності цих двох компонентів. У межах дослідю проводили контрольоване запилення розмноженої материнської форми інбредною лінією – кандидатом у відновлювачі фертильності. Стерильну лінію і кандидат у відновлювачі фертильності висівали попарно, проводили опилання, а в наступному році оцінювали відновлювану здатність матеріалу. Якщо рослини були повністю фертильними, то тестовий запилювач – це відновлювач фертильності, якщо ж серед тестового матеріалу вирізняються і стерильні і фертильні рослини – то з таким зразком продовжують працювати для досягнення генетичної чистоти за генами відновлення фертильності (RfRf) [14–17].

Материнською формою слугував зразок 1504-3, розмноження якого проводили за використання закріплювача стерильності 86-1 та зразок 1625-6 із закріплювачей стерильності 92-1. Стерильні материнські форми та їх закріплювачі стерильності відселектовано впродовж 2010–2016 років на кафедрі генетики, селекції рослин та біотехнології Уманського НУ.

В наших дослідженнях рівень відновлювальної здатності кандидатів у відновлювачі фертильності варіював від 59,1 % до 98,5 % (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

**Відновлювальна здатність кандидатів у відновлювачі фертильності  
жита озимого %, 2020–2021 рр.**

Лінія, зразок	♀		Середнє
	♂	♀	
1504-3	1625-6		
1701-3	76,6	79,1	77,9
1702-5	58,9	77,5	68,2
1703-2	52,8	70,4	61,6
1705-6	86,9	85,6	86,3
1706-1	62,6	76,4	69,5
1708-3	46,8	77,2	62,0
1710-2	69,6	78,4	74,0
1711-6	74,4	81,6	78,0
1712-1	87,6	90,3	89,0
1714-1	98,4	96,6	97,5
1715-2	75,6	79,8	77,7

<i>Продовження таблиці 4.1</i>			
1	2	3	4
1716-3	76,5	84,6	80,6
1717-4	68,4	89,4	78,9
1718-2	74,4	90,1	82,3
1719-3	97,7	98,9	98,3
1721-2	78,5	88,2	83,4
1722-4	76,8	72,4	74,6
1723-6	64,5	83,6	74,1
1724-2	66,3	75,6	71,0
1726-1	75,5	76,8	76,2
1727-1	74,1	82,0	78,1
1728-2	70,6	86,8	78,7
1729-4	67,6	75,6	71,6
1730-2	82,6	88,3	85,5
1731-9	97,5	99,4	98,5
1733-5	75,5	87,4	81,5
1734-2	65,3	81,0	73,2
1736-6	66,4	72,2	69,3
1737-1	64,6	53,6	59,1
1738-5	71,2	79,5	75,4
1739-2	62,4	69,2	65,8
1740-4	88,9	89,1	89,0
1741-1	85,3	88,1	86,7
1742-5	96,7	99,1	97,9
1744-2	97,9	98,3	98,1
1745-7	84,4	82,1	83,3
1746-1	49,3	86,8	68,1
1748-4	68,5	70,0	69,3
1750-2	77,4	70,5	74,0
1752-4	69,5	79,8	74,7
1753-2	85,8	90,4	88,1
1754-1	79,8	92,6	86,2
1755-2	88,4	89,5	89,0

У процесі досліджень зафіксовано, що у зразка 1730-2 був найвищий показник відновлювальної здатності, на рівні 98,5 %. Високий рівень відновлення отримано за використання батьківською формою зразків 1719-3 (98,3 %), 1744-2 (98,1 %), 1742-5 (97,9 %) і 1714-1 (97,5 %). Ці матеріали доцільно використовувати відновлювачами фертильності у комбінаціях

схрещування з материнськими формами 1504-3 і 1625-6 за створення гібридів  $F_1$  на основі Р-типу жита озимого.

Часткове відновлення фертильності, на рівні 85–90 %, зафіксовано у гібридних комбінаціях за використання батьківською формою зразків 1705-6, 1712-1, 1730-2, 1740-4, 1741-1, 1753-2, 1754-1 і 1755-2. Доведено, що часткове відновлення фертильності спостерігається за низької експресії генів, впливу абіотичних стресових чинників (посуха, аномальна жара або низькі температури в період запилення, дефіцит живлення тощо) або ж невідповідності геному і плазмону генотипу. Відібрані зразки, ідентифіковані кандидатами у відновлювачі фертильності, залучатимуть до селекційних програм, спрямованих на генетичне удосконалення вихідного матеріалу для підвищення рівня фертильної відновлювальної здатності.

Підтверджено, що зразки які відновлюють фертильність нижче 85 % не доцільно використовувати для отримання комерційних гібридів  $F_1$  жита озимого.

#### **4.2 Оцінка загальної комбінаційної здатності створених інбредних ліній-відновлювачів фертильності жита озимого**

Пріоритетним напрямком селекції жита є створення і впровадження у виробництво АПК нових високопродуктивних, з широким рівнем гомеостазу, екологопластичних, резистентних до основних хвороб сортів-синтетиків і гібридів культури. Однією з найважливіших переваг гібридного матеріалу є його висока врожайність, що досягається завдяки гетерозисному ефекту [9, 10].

Як зазначалось, у селекції жита використовують періодичний добір з метою збільшення частки продуктивних генотипів, одержаних за селекції ліній, акумуляючи концентрацію окремих генів у геномі колекційного матеріалу.

Вдалий добір батьківських форм за гетерозисної селекції проводиться на основі перевірки комбінаційної здатності вихідного матеріалу, який

використовуватиметься для отримання гібридів, тобто за гібридизації визначених сортів або ліній і випробування їх нащадків [13]. Оцінка вихідного матеріалу за комбінаційною здатністю має важливе значення у гібридів, оскільки ця ознака визначає величину гетерозису [14].

Загальна комбінаційна здатність – показник вихідного матеріалу, що характеризує здатність генотипу формувати середній рівень гетерозису у гібридів  $F_1$  за схрещування з низкою інших зразків. Аналіз комбінаційної здатності (КЗ) самозапиленних ліній починається з третього-четвертого інбредного покоління. Рівнем ЗКЗ інбредних ліній доцільно керуватись, за створення сортів-синтетиків [15–17].

Уявлення про генетику загальної комбінаційної здатності може бути доповнено даними про наявність у ліній з високою комбінаційною здатністю за комплексом цінних спадкових чинників за продуктивністю, інших ознак, що мають негативні ефекти. За використання в комбінаціях схрещування зразків з високим показником за ознакою, нівелюється дія негативного чинника за гетерозиготності матеріалу і повністю реалізується потенційно можлива продуктивність [15, 16].

Вчені вважають, що в селекції батьківських форм доцільно використовувати загальної комбінаційної здатності [17, 18]. За селекції материнської форми, ЗКЗ не завжди визначає рівень гетерозису в конкретних комбінаціях, а результат істотно залежить від специфічної взаємодії батьківських компонентів.

Комбінаційну здатність окремої лінії неможливо оцінювати візуально або непрямими методами адже ефекти її варіювання залежать від добору пар гібридизації, тобто комбінаційна здатність лінії для кожної пари визначається в конкретному схрещуванні. Існує єдиний спосіб перевірки ліній на КЗ – це схрещування з наступним оцінюванням  $F_1$ , зазвичай, впродовж трьох років у кількох географічних зонах вирощування за єдиною технологією і методикою випробування.

Для оцінювання загальної комбінаційної здатності (ЗКЗ) необхідно проводити контрольні схрещування досліджуваної форми з відповідним тестером. Тестерами використовують інбредні лінії, сорти-популяції або прості гібриди [11, 19]. Добір тестера для визначення комбінаційної здатності селекційного матеріалу здійснюють залежно від обраної системи схрещувань і конкретних завдань селекції [20]. Для оцінювання ЗКЗ доцільно використовувати тестери з широкою генетичною основою, натомість, для визначення специфічної комбінаційної здатності (СКЗ) — з вузькою генетичною базою. За твердженням Horner E. та ін., ефективність добору форм з високою ЗКЗ підвищується за використання тестерів, генетично віддалених за походженням [21]. Макарчук О. і Жемойда В. рекомендують використовувати тестерами неспоріднені гібриди, у родовід яких введено генетичний матеріал форм різного еколого-географічного походження [13].

Різні системи передбачають різноманітні методи перевірки комбінаційної здатності. Основними є вільне запилення, полікрос, топкрос і система діалельних схрещувань [11].

Метою досліджень було оцінювання селекційної цінності створених ліній жита озимого за аналізу ефектів загальної комбінаційної здатності на продуктивність для створення синтетичних популяцій культури.

Оцінку КЗ створених ліній проводили методом топ-кросу. Запилювачами (тестерами) ліній обрано два високопродуктивних з широкою генетичною основою сорти-синтетики Хлібне та Сіріус. Загальну комбінаційну здатність дослідних компонентів визначали як відхилення середнього значення ознаки у гібридів від аналогічної ознаки в цілому за дослідом.

За створення синтетичних популяцій основною вимогою з боку КЗ до відновників фертильності (запилювачів) жита є високий рівень ефектів загальної комбінаційної здатності [10, 11, 23, 24, 27].

За добору ліній необхідно визначити їх ефекти ЗКЗ за основними ознаками, зокрема, урожайністю, якістю зерна та іншими складовими

елементами продуктивності. Відбір зразків для використання в схемах гібридизації проводився комплексно за урахування стійкості до низки абіотичних і біотичних чинників навколишнього природного середовища. Основним критерієм селекційної цінності лінії є прояв гетерозису в нащадків за врожайністю. Тому першим етапом, для визначення можливості ліній-запилювачів формувати високоврожайні гібридні форми, є перевірка створених зразків на загальну комбінаційну здатність за врожайністю та якістю зерна (табл. 4.2) [25, 26].

У результаті досліджень встановлено, що загальна комбінаційна здатність ліній жита озимого змінюється за впливу чинників зовнішнього природного середовища та різниться за роками. Кожна комбінація схрещування вирізнялась індивідуальними показниками продуктивності. Найвищим ефектом ЗКЗ за врожайністю продовж років досліджень характеризувались зразки 1714-1, 1719-3, 1744-2. З апробованих матеріалів відібрано п'ять ліній, зокрема, 1714-1, 1719-3, 1731-9, 1742-5, 1744-2 зі стабільно високою ЗКЗ. Зразки 1731-9 та 1742-2 поряд з відносно високим і стабільними ефектами ЗКЗ за врожайністю мали також високі і сталі ефекти ЗКЗ за вмістом білка в зерні. Отримані лінії використовуються в селекційному процесі за створення сортів-синтетиків жита озимого. Кожну з п'яти ліній апробовано в різних комбінаціях панміктичного перезапилення для створення синтетичних популяцій культури. Відселектовані лінії використовуються у селекційних схемах створення батьківських компонентів гібридів  $F_1$  жита озимого [24–26].

Отже, за внутрішньовидової гібридизації географічно віддалених форм створено низку інбредних ліній жита озимого. Їх аналіз на ефекти загальної комбінаційної здатності за продуктивністю, дав змогу відібрати п'ять ліній 1714-1, 1719-3, 1731-9, 1742-5, 1744-2 з високою ЗКЗ. Ці матеріали долучено до процесу отримання та апробації синтетичних популяцій культури [25, 26].

Таблиця 4.2

**Аналіз рівня загальної комбінаційної здатності за продуктивністю ліній-  
відновлювачів фертильності жита озимого, 2022–2023 рр.**

Лінія, зразок	2022		2023		Середнє	
	врожайність	вміст білка	врожайність	вміст білка	врожайність	вміст білка
1701-3	-0,36	0,29	0,10	0,32	-0,13	0,45
1702-5	-1,66	0,31	-0,80	0,02	-1,23	0,32
1703-2	-1,62	0,37	-0,44	-0,11	-1,03	0,32
1705-6	0,24	-0,08	0,00	-0,11	0,12	-0,14
1706-1	-0,66	-0,33	-0,30	-1,12	-0,48	-0,89
1708-3	-1,36	-0,64	-1,10	-1,23	-1,23	-1,26
1710-2	-0,96	0,7	0,30	0,62	-0,33	1,01
1711-6	0,54	-0,92	0,10	-0,55	0,32	-1,20
1712-1	0,95	-0,79	-0,61	-1,09	0,17	-1,34
<b>1714-1</b>	0,75	1,12	0,59	0,61	0,67	1,43
1715-2	-0,06	0,94	0,00	0,56	-0,03	1,22
1716-3	0,31	-0,49	0,03	1,24	0,17	0,13
1717-4	-0,11	-0,81	0,05	0,72	-0,03	-0,45
1718-2	0,53	0,68	0,21	0,55	0,37	0,96
<b>1719-3</b>	1,00	-0,35	0,74	-0,08	0,87	-0,39
1721-2	0,02	-1,22	-0,08	-0,65	-0,03	-1,55
1722-4	0,01	-0,35	0,03	1,54	0,02	0,42
1723-6	-0,04	-0,81	-0,02	-0,25	-0,03	-0,94
1724-2	0,04	1,33	0,10	-1,22	0,07	0,72
1726-1	-0,09	-1,52	-0,17	-0,13	-0,13	-1,59
1727-1	-0,07	-0,13	0,01	-1,26	-0,03	-0,76
1728-2	-0,01	-0,18	0,05	0,65	0,02	0,15
1729-4	-0,49	-0,96	-0,67	0,34	-0,58	-0,79
1730-2	0,37	0,45	0,41	0,26	0,39	0,58
<b>1731-9</b>	1,29	1,54	0,85	1,22	1,07	2,15
1733-5	0,20	-0,74	0,04	-0,35	0,12	-0,92
1734-2	-0,30	-0,89	-0,56	-0,75	-0,43	-1,27
1736-6	-0,31	-0,34	-0,75	-0,54	-0,53	-0,61
1737-1	0,08	0,89	0,36	1,13	0,22	1,46
1738-5	-0,43	0,64	-0,33	0,82	-0,38	1,05
1739-2	-0,64	-0,82	-1,20	-1,22	-0,92	-1,43
1740-4	0,39	0,01	0,55	-0,13	0,47	-0,06
1741-1	0,32	0,96	0,42	-0,41	0,37	0,76
<b>1742-5</b>	0,84	1,25	1,10	1,32	0,97	1,91
<b>1744-2</b>	1,01	0,9	1,03	0,49	1,02	1,15
1745-7	-0,10	-1,12	-0,06	-1,02	-0,08	-1,63
1746-1	0,01	-0,31	-0,05	-1,21	-0,02	-0,92
1748-4	-1,06	0,22	-1,20	-0,09	-1,13	0,18
1750-2	0,11	0,15	0,53	0,26	0,32	0,28
1752-4	-0,45	1,13	-0,41	0,62	-0,43	1,44
1753-2	0,62	-1,21	0,32	-0,46	0,47	-1,44
1754-1	0,50	0,34	0,44	0,45	0,47	0,57
1755-2	0,65	0,79	0,39	0,24	0,52	0,91
<i>HIP</i>	0,08	0,24	0,06	0,18	0,07	0,21

За використання ліній, створено та апробовано за показниками продуктивності низку тест-кросних гібридів. Створені матеріали використовуються в селекційних програмах отримання гібридів жита озимого.

Для отримання гібридів  $F_1$  отримані лінії також проаналізовано на ефекти специфічної комбінаційної здатності. Кожен зразок використовували відновлювачем фертильності у комбінаціях схрещування з перспективними високопродуктивними материнськими формами.

#### **4.3 Рівень прояву гетерозису за продуктивністю тест-кросних гібридів жита озимого**

Основна перевага гібридів  $F_1$  порівняно з сортами-популяціями зумовлена підвищеним рівнем продуктивності рослин, що реалізується завдяки прояву гетерозисного ефекту. Практичне використання гетерозису можливе за умови, що гібридний матеріал перевищує за продуктивністю не лише кращу з вихідних батьківських форм, а й стандарт [28–35]. За оптимального добору батьківських компонентів гібрида  $F_1$  рівень гетерозису відносно вихідних форм може сягати 40 % [36–38]. Під час оцінювання специфічної комбінаційної здатності, зазвичай, аналізують гіпотетичний, справжній і конкурсний гетерозис [37, 38].

Конкурсний гетерозис визначається оцінкою гетерозисного ефекту порівняно до стандарту. Гіпотетичний гетерозис ідентифікують за порівняння продуктивності гібриду із середнім показником обох батьківських форм. Справжній гетерозис – це показник величини, на яку середнє значення гібриду  $F_1$  вищий показника продуктивнішого батьківського компоненту [15, 16, 39].

Обрахунок справжнього гетерозиса у дослідженнях проводили за відношенням до показника лінії-відновлювача фертильності.

У дослідженнях аналізували створені тест-кросні гібриди за продуктивністю. Визначено прояв конкурсного, справжнього та гіпотетичного гетерозису за урожайністю всіх експериментальних гібридів (табл. 4.3, додаток Е 1). У результаті досліджень визначено що 86 тест-кросних комбінацій, або 40 % від загальної кількості матеріалу, показали вищу врожайність порівняно з середнім показником групового стандартну (гібриди Palazzo, Guttino, Brasetto).

Таблиця 4.3

**Аналіз створених тест-кросних гібридів жита озимого  
за врожайністю (т/га), 2023–2025 рр.**

Лінія, зразок	♀		Середній показник
	♂		
	1504-3	1625-6	
1705-6	6,4±0,3	5,9±0,2	6,2±0,2
1712-1	6,0±0,2	6,4±0,2	6,2±0,2
1714-1	6,5±0,2	6,9±0,4	6,7±0,3
1719-3	6,8±0,3	7,4±0,3	7,1±0,3
1730-2	6,1±0,1	6,7±0,2	6,4±0,2
1731-9	7,1±0,2	7,5±0,2	7,3±0,2
1740-4	6,3±0,4	6,7±0,1	6,5±0,3
1741-1	5,9±0,2	6,9±0,2	6,4±0,2
1742-5	6,7±0,1	7,8±0,4	7,3±0,3
1744-2	7,4±0,4	6,9±0,3	7,1±0,4
1753-2	6,3±0,2	6,7±0,1	6,5±0,1
1754-1	5,9±0,1	7,1±0,2	6,5±0,2
1755-2	6,3±0,3	6,9±0,2	6,6±0,3
<i>HIP<sub>05</sub></i>	0,2	0,2	–

Шість гібридних комбінацій показали урожайність понад 7,0 т/га, 41 – мали урожайність 6,0–6,9 т/га, показники врожайності 34 гібридних комбінацій – варіювали у діапазоні 5,0–5,9 т/га, чотири – 4,0–4,9 т/га та одна гібридна комбінація мала середню урожайність на рівні 3,9 т/га.

У результаті досліджень визначено конкурсний, гіпотетичний та справжній гетерозис, отриманого селекційного матеріалу. За роки досліджень середня урожайність групового стандарту склала 6,5 т/га.

Середня урожайність тест-кросних гібридів, за використання материнським компонентом зразка 1504-3, була на рівні 5,9 т/га, а за використання материнською формою зразка 1625-6 – 6,1 т/га. Справжній гетерозис визначали за відношенням урожайності отриманого гібриду до показника батьківського компоненту – відновлювача фертильності (табл. 4.4 і 4,5 додаток Е 2 і Е 3).

Таблиця 4.4

**Рівень прояву гетерозису за врожайністю окремих тест-кросних гібридів жита озимого при використанні материнською формою зразка 1504-3, 2023–2025 рр.**

Лінія, зразок	Гетерозис		
	конкурсний*	гіпотетичний	справжній
1705-6	-1,5	8,5	52,4
1712-1	-7,7	1,7	22,4
1714-1	0,0	10,2	27,5
1719-3	4,6	15,3	23,6
1730-2	-6,2	3,4	24,5
1731-9	9,2	20,3	22,4
1740-4	-3,1	6,8	23,5
1741-1	-9,2	0,0	-4,8
1742-5	3,1	13,6	21,8
1744-2	13,8	25,4	42,3
1753-2	-3,1	6,8	31,3
1754-1	-9,2	0,0	11,3
1755-2	-3,1	6,8	10,5

\* Примітка. Груповий стандарт – гібриди Palazzo, Guttino і Barasetto

Відмічено низку комбінацій схрещувань, де нові тест-кросні гібриди жита озимого показали перевагу врожайності за трьома типами гетерозису. Найрезультативнішими комбінаціями, за використання материнським компонентом зразка 1504-3, відмічено комбінації ♀1504-3 × ♂1714-1, ♀1504-3 × ♂1719-3, ♀1504-3 × ♂1731-9, ♀1504-3 × ♂1742-5, ♀1504-3 × ♂1744-2, а за використання материнською формою зразка 1625-6 – ♀1625-6 × ♂1711-6, ♀1625-6 × ♂1714-1, ♀1625-6 × ♂1719-3, ♀1625-6 × ♂1730-2,

♀1625-6 × ♂1731-9, ♀1625-6 × ♂1740-4, ♀1625-6 × ♂1741-1, ♀1625-6 × ♂1742-5, ♀1625-6 × ♂1744-2, ♀1625-6 × ♂1753-2, ♀1625-6 × ♂1754-1, ♀1625-6 × ♂1755-2. Отримані гібриди істотно перевищували врожайність групового стандарту та будуть використовуватись у селекційних програмах створення гетерозисних гібридів.

Таблиця 4.5

**Рівень прояву гетерозису за врожайністю тест-кросних гібридів жита озимого при використанні материнською формою зразка 1625-6, 2023–2025 рр.**

Лінія, зразок	Гетерозис		
	конкурсний*	гіпотетичний	справжній
1705-6	-9,2	-3,3	40,5
1712-1	-1,5	4,9	30,6
1714-1	6,2	13,1	35,3
1719-3	13,8	21,3	34,5
1730-2	3,1	9,8	36,7
1731-9	15,4	23,0	29,3
1740-4	3,1	9,8	31,4
1741-1	6,2	13,1	11,3
1742-5	20,0	27,9	41,8
1744-2	6,2	13,1	32,7
1753-2	3,1	9,8	39,6
1754-1	9,2	16,4	34,0
1755-2	6,2	13,1	21,1

\* Примітка. Груповий стандарт – гібриди Palazzo, Guttino і Barasetto

Цінність зерна жита озимого визначається його багатофункціональним використанням у харчовій, кормовій та переробній галузях, що зумовлює підвищений інтерес до культури в сучасних селекційних програмах. Порівняно з пшеницею та іншими хлібними злаковими культурами жито озиме характеризується високим рівнем екологічної пластичності, адаптивної здатності та стійкості до абіотичних стресових чинників навколишнього природного середовища, що забезпечує формування стабільної врожайності в

грунтово-кліматичних зонах, малопродатних для вирощування інших зернових культур. Зростання попиту на продукти функціонального та дієтичного харчування потребує підвищення показників якості зерна [40].

Зерно жита озимого вирізняється високим рівнем хлібопекарських, біохімічних і фізико-технологічних показників, що є результатом генетично детермінованих особливостей ендосперму та білкового комплексу. Воно містить повноцінні білки, жири, вуглеводи та вітамінний комплекс, що зумовлюють його високу біологічну та поживну цінність. Вміст білка в зерні жита сягає 18,6 % і вирізняється підвищеною концентрацією лізину (до 3,9 %), що є важливою селекційною ознакою за створення генотипів з покращеним амінокислотним складом. Частка жиру становить – 1,6–1,9 %, а вітамінний склад представлено вітамінами групи В (В1, В2, В3, В6), РР та С [35]. За біологічною повноцінністю білок жита перевищує білок пшениці та інших зернових злаків, що підвищує селекційну цінність культури [41].

Для хлібопекарського напряму використання селекційно цінними є генотипи з оптимальним вмістом в зерні білка, високою натурою зерна (680–715 г/л), підвищеним вмістом загальних і розчинних пентозанів та низькою вологістю (до 14,5 %) [5, 6, 40, 41]. Для спиртово напряму селекції перспективними є зразки з високим вмістом загальних пентозанів за одночасно низького вмісту їх розчинної фракції [15, 16, 41–44].

Вченими встановлено, що висока натура зерна, крупнозерність, вирівняність фракцій та стійкість до проростання зерна в колосі, є інтегральними показниками технологічної якості та важливими селекційними критеріями. Водночас жито характеризується коротким періодом післязбирального спокою насіння, що генетично зумовлює схильність до передзбирального проростання за умов підвищеної вологості, особливо в період досягання та збирання врожаю. Це явище негативно впливає на посівні якості та хлібопекарські властивості зерна, що потребує цілеспрямованого добору та створення стійких до проростання зерна в колосі генотипів [41, 43].

Встановлено, що формування показників якості зерна жита озимого має полігенну природу та перебуває під контролем системи зчеплених генів, експресія яких істотно модифікується внаслідок взаємодії генотипу з умовами навколишнього природного середовища [16, 35, 41]. Біохімічні й технологічні властивості зерна є результатом комплексної дії генетичних і агроекологічних чинників, що зумовлює необхідність оцінювання стабільності прояву господарсько цінних ознак за різних умов вирощування. Виявлення та залучення джерел і донорів генів цінних ознак є основою селекційного процесу, спрямованого на створення високопродуктивних сортів і гібридів культури.

У результаті досліджень визначено вміст білка, натуру зерна низки тест-кросних гібридів жита озимого (табл. 4.6, додаток Е 4).

Таблиця 4.6

**Вміст білка (%) в зерні тест-кросних гібридів жита озимого, 2023–2025 рр.**

Лінія, зразок	♀		Середній показник	
	♂	1504-3		1625-6
1705-6		12,5±0,6	10,2±0,5	11,4±0,5
1712-1		7,6±0,3	9,9±0,4	8,8±0,4
1714-1		11,0±0,6	11,4±0,7	11,2±0,6
1719-3		11,2±0,6	10,4±0,5	10,8±0,6
1730-2		9,8±0,4	11,8±0,6	10,8±0,5
1731-9		10,3±0,5	9,5±0,4	9,9±0,4
1740-4		11,2±0,5	11,8±0,6	11,5±0,5
1741-1		9,1±0,4	12,2±0,6	10,7±0,5
1742-5		10,7±0,6	9,6±0,4	10,2±0,5
1744-2		10,5±0,5	10,9±0,6	10,7±0,5
1753-2		11,2±0,6	10,8±0,5	11,0±0,6
1754-1		9,5±0,4	9,6±0,4	9,6±0,4
1755-2		10,7±0,5	9,9±0,4	10,3±0,4
<i>HIP</i> <sub>05</sub>		0,3	0,4	–

З'ясовано, що в середньому за дослідом вміст в зерні білка був на рівні 10,5 %. Не залежно від добору материнської форми гібридної комбінації в середньому тест-кросні гібриди мали вміст білка 10,4–10,6 %. Високим

показником якості зерна (білок –  $12,2 \pm 0,6$  %) вирізнявся селекційний матеріал комбінації схрещування ♀1625-6 × ♂1741-1. За показником розраховано рівень гетерозису створених тест-кросних гібридів (табл. 4.7 і 4.8, додатки Е 5, Е 6).

Таблиця 4.7

**Рівень прояву гетерозису за вмістом у зерні білка окремих тест-кросних гібридів жита озимого при використанні материнською формою зразка 1504-3, 2023–2025 рр.**

Лінія, зразок	Гетерозис		
	конкурсний*	гіпотетичний	справжній
1705-6	19,0	22,5	34,4
1712-1	-27,6	-25,5	-20,8
1714-1	4,8	7,8	7,8
1719-3	6,7	9,8	6,7
1730-2	-6,7	-3,9	-1,0
1731-9	7,6	10,8	7,6
1740-4	6,7	9,8	9,8
1741-1	-13,3	-10,8	-29,5
1742-5	1,9	4,9	2,9
1744-2	3,8	6,9	7,9
1753-2	6,7	9,8	9,8
1754-1	-9,5	-6,9	-14,4
1755-2	1,9	4,9	-12,3

\* Примітка. Груповий стандарт – гібриди Palazzo, Guttino і Barasetto

Позитивний конкурсний, гіпотетичний і справжній гетерозис за вмістом білка в зерні зафіксовано в окремих тест-кросних гібридів, отриманих в комбінаціях схрещування: ♀1504-3 × ♂1702-5; ♀1504-3 × ♂1705-6; ♀1504-3 × ♂1714-1; ♀1504-3 × ♂1715-2; ♀1504-3 × ♂1718-2; ♀1504-3 × ♂1719-3; ♀1504-3 × ♂1723-6; ♀1504-3 × ♂1726-1; ♀1504-3 × ♂1731-9; ♀1504-3 × ♂1737-1; ♀1504-3 × ♂1740-4; ♀1504-3 × ♂1742-5; ♀1504-3 × ♂1744-2; ♀1504-3 × ♂1750-2; ♀1504-3 × ♂1753-2 та ♀1625-6 × ♂1714-1; ♀1625-6 × ♂1716-3; ♀1625-6 × ♂1717-4; ♀1625-6 × ♂1719-3; ♀1625-6 × ♂1721-2; ♀1625-6 × ♂1724-2; ♀1625-6 × ♂1724-2; ♀1625-6 × ♂1730-2;

♀1625-6 × ♂1731-9; ♀1625-6 × ♂1733-5; ♀1625-6 × ♂1737-1; ♀1625-6 × ♂1740-4; ♀1625-6 × ♂1742-5; ♀1625-6 × ♂1744-2; ♀1625-6 × ♂1746-1; ♀1625-6 × ♂1753-2.

Таблиця 4.8

**Рівень прояву гетерозису за вмістом у зерні білка окремих тест-кросних гібридів жита озимого при використанні материнською формою зразка 1625-6, 2023-2025 рр.**

Лінія, зразок	Гетерозис		
	конкурсний*	гіпотетичний	справжній
1705-6	-2,9	2,0	9,7
1712-1	-5,7	-1,0	3,1
1714-1	2,9	8,0	5,9
1719-3	1,9	7,0	1,9
1730-2	12,4	18,0	19,2
1731-9	3,8	9,0	3,8
1740-4	12,4	18,0	15,7
1741-1	16,2	22,0	-5,4
1742-5	5,7	11,0	6,7
1744-2	1,0	6,0	5,0
1753-2	2,9	8,0	5,9
1754-1	-8,6	-4,0	-13,5
1755-2	-5,7	-1,0	-18,9

\* Примітка. Груповий стандарт – гібриди Palazzo, Guttino і Barasetto

Натура зерна – це маса 1 літра насіння. Вона є показником виповненості зерна культури. Натурна маса зерна жита – показник середньомінливий і залежить від генотипу зразка та абіотичних чинників навколишнього природного середовища. Вона суттєво нижча ніж у пшениці. Вченими не зафіксовано кореляційних зв'язків між натурою зерна і його хлібопекарськими властивостями. Проте слід відмітити, пряму кореляційну залежність міжчим показником натурою зерна і вихідом борошна [43–49].

Середня натура зерна тест-кросних гібридів за роки досліджень склала 699 грам (табл. 4.9, додаток Е 7).

**Натури зерна (г/л) тест-кросних гібридів жита озимого, 2023-2025рр.**

Лінія, зразок	♀		Середній показник
	♂	♀	
	1504-3	1625-6	
1705-6	701±7	697±6	684±7
1712-1	709±7	689±7	699±7
1714-1	692±8	709±8	701±8
1719-3	696±8	700±7	698±8
1730-2	695±7	704±7	700±7
1731-9	692±8	689±6	691±7
1740-4	700±6	698±7	699±6
1741-1	675±7	700±7	688±6
1742-5	708±7	681±6	695±6
1744-2	689±5	729±7	709±6
1753-2	704±8	710±7	707±6
1754-1	703±7	701±8	702±7
1755-2	709±7	699±7	704±7
<i>НІР</i> <sub>05</sub>	7	6	–

У гібридних комбінаціях за використання материнською формою зразка 1504–3 середній показник натури зерна був на рівні 698 г/л, а за використання материнською формою зразка 1625-6 – не істотно вищий, 700 г/л.

За показником обраховано гетерозис тест-кросних гібридів (табл. 4.10, 4.11, додатки Е 8, Е 9). Позитивний конкурсний, гіпотетичний і справжній гетерозис за натурою зерна відмічено в окремих тест-кросних гібридів, отриманих в комбінаціях схрещування: ♀1504-3 × ♂1701-3; ♀1504-3 × ♂1705-6; ♀1504-3 × ♂1708-3; ♀1504-3 × ♂1712-1; ♀1504-3 × ♂1714-1; ♀1504-3 × ♂1715-2; ♀1504-3 × ♂1719-3; ♀1504-3 × ♂1726-1; ♀1504-3 × ♂1731-9; ♀1504-3 × ♂1737-1; ♀1504-3 × ♂1739-2; ♀1504-3 × ♂1742-5; ♀1504-3 × ♂1744-2; ♀1504-3 × ♂1745-7; ♀1504-3 × ♂1753-2; ♀1504-3 × ♂1754-1; ♀1504-3 × ♂1755-2 та ♀1625-6 × ♂1714-1; ♀1625-6 × ♂1717-4; ♀1625-6 × ♂1719-3; ♀1625-6 × ♂1721-2; ♀1625-6 × ♂1724-2; ♀1625-6 × ♂1730-2; ♀1625-6 × ♂1731-9; ♀1625-6 × ♂1742-5; ♀1625-6 × ♂1744-2; ♀1625-6 × ♂1750-2; ♀1625-6 × ♂1753-2; ♀1625-6 × ♂1754-1.

Таблиця 4.10

**Рівень прояву гетерозису за показником натурн зерна окремих тест-кросних гібридів жита озимого при використанні материнською формою зразка 1504-3, 2023-2025 рр.**

Лінія, зразок	Гетерозис		
	конкурсний*	гіпотетичний	справжній
1705-6	1,6	2,3	1,7
1712-1	2,8	3,5	2,5
1714-1	0,3	1,0	3,3
1719-3	0,9	1,6	3,6
1730-2	0,7	1,5	-0,7
1731-9	0,3	1,0	1,0
1740-4	1,4	2,2	3,7
1741-1	-2,2	-1,5	-2,5
1742-5	2,6	3,4	8,1
1744-2	-0,1	0,6	3,3
1753-2	2,0	2,8	7,2
1754-1	1,9	2,6	3,7
1755-2	2,8	3,5	7,6

\* Примітка. Груповий стандарт – гібриди Palazzo, Guttino і Barasetto

Таблиця 4.11

**Рівень прояву гетерозису за показником натурн зерна окремих тест-кросних гібридів жита озимого при використанні материнською формою зразка 1625-6, 2023-2025 рр.**

Лінія, зразок	Гетерозис		
	конкурсний*	гіпотетичний	справжній
1705-6	0,3	1,8	0,4
1712-1	-0,1	1,3	-0,4
1714-1	2,8	4,3	5,8
1719-3	1,4	2,9	4,2
1730-2	2,0	3,5	0,6
1731-9	-0,1	1,3	0,6
1740-4	1,2	2,6	3,4
1741-1	1,4	2,9	1,2
1742-5	-1,3	0,1	4,0
1744-2	5,7	7,2	9,3
1753-2	2,9	4,4	8,1
1754-1	1,6	3,1	3,4
1755-2	1,3	2,8	6,1

\* Примітка. Груповий стандарт – гібриди Palazzo, Guttino і Barasetto

Загалом за врожайністю, найкращі результати отримано в комбінації схрещувань 1625-6 × 1731-9 та 1625-6 × 1742-5, на рівні 7,5 та 7,8 т/га, відповідно. Ці показники на 17,5 і 22,2 % перевищували показник групового стандарту, проте гібридна комбінація 1625-6 × 1731-9 помітно поступалась за показниками якості зерна – вміст білка склав 9,5 %, а натура зерна – 689 г/л. Аналогічні дані отримано у гібридів комбінації 1625-6 × 1742-5 – вміст білка 9,6 % та натура зерна 681 г/л. Загалом за дослідом середній показник урожайності склав 6,9 т/га, натура зерна 699 г/л, а вміст білка – 10,5 %. Найвищим вмістом білка в зерні вирізнявся гібрид комбінації схрещувань 1625-6 × 1741-1 (12,2 %), що на 20,7 % перевищувало показник групового стандарту, а за натурою зерна, найкращі результати зафіксовано у зразка 1625-6 × 1744-2 – 728 г/л.

Виділені матеріали буде інтегровано в селекційний процес створення високопродуктивних сортів і гібридів культури.

Отже, проаналізовано низку ліній жита озимого за продуктивністю на загальну та специфічну комбінаційну здатність та виділено п'ять зразків 1714-1, 1719-3, 1731-9, 1742-5, 1744-2, що вирізнялись високими показниками. За результатами визначення конкурсного, гіпотетичного і справжнього гетерозису встановлено, що відібрані матеріали мають високу комбінаційну здатність і можуть використовуватись батьківськими компонентами (відновлювачами фертильності) для створення гібридів жита озимого за використання материнською формою ліній 1504-3 та 1625-6 та отримання сортів-синтетиків культури.

#### **Висновки за розділом 4**

1. Проведено оцінку відновлювальної здатності створених кандидатів у відновлювачі фертильності жита озимого. З'ясовано, що за використання у селекційних схемах батьківською формою зразків 1719-3 (98,3 %), 1744-2 (98,1 %), 1742-5 (97,9 %) і 1714-1 (97,5 %),

забезпечується високий рівень відновлення фертильності гібридного матеріалу.

2. Проаналізовано загальну та специфічну комбінаційну здатність ліній-відновлювачів фертильності за показниками продуктивності та встановлено, що зразки 1714-1, 1719-3, 1731-9, 1742-5 та 1744-2 вирізняються стабільно високими ефектами комбінаційної здатності, а це обґрунтовує доцільність їх використання батьківськими компонентами за створення гетерозисних гібридів  $F_1$  і сортів-синтетиків жита озимого.
3. У результаті оцінювання специфічної комбінаційної здатності за урожайністю та окремими показниками якості зерна ідентифіковано перспективні генотипи 1705-6, 1712-1, 1730-2, 1740-4, 1741-1, 1753-2, 1754-1 і 1755-2, що можуть ефективно використовуватися відновлювачами фертильності в селекційних програмах створення гетерозисних гібридів.
4. Зразки жита озимого 1714-1, 1719-3, 1731-9, 1742-5, 1744-2, що вирізнялись високою загальною комбінаційною здатністю, доцільно залучати до схем гібридизації з отримання сортів-синтетиків.
5. Отримано тест-кросні гібриди жита озимого, що показали перевагу продуктивності за трьома типами гетерозису. Найрезультативнішими комбінаціями було виділено: ♀1504-3 × ♂1714-1, ♀1504-3 × ♂1719-3, ♀1504-3 × ♂1731-9, ♀1504-3 × ♂1742-5, ♀1504-3 × ♂1744-2, ♀1625-6 × ♂1714-1, ♀1625-6 × ♂1719-3, ♀1625-6 × ♂1730-2, ♀1625-6 × ♂1731-9, ♀1625-6 × ♂1742-5, ♀1625-6 × ♂1744-2, ♀1625-6 × ♂1753-2, ♀1625-6 × ♂1754-1, ♀1625-6 × ♂1755-2. Отримані гібриди істотно перевищували за врожайністю груповий стандарт і будуть використовуватись у селекційних програмах створення гетерозисних гібридів.

За матеріалами розділу опубліковано три наукових праці [24–26].

**СПИСОК ДЖЕРЕЛ ЛІТЕРАТУРИ ДО РОЗДІЛУ 4**

1. Дерев'янка В. П., Єгоров Д. К. Актуальні питання гетерозисної селекції жита озимого. УААН, Ін-т рослинництва ім. В. Я. Юр'єва. Харків, Магда LTD, 2008. 152 с.
2. Єгоров Д. К., Циганко В. А., Дерев'янка В. П. та ін. Нові селекційні розробки як фактор збільшення виробництва зерна жита озимого. *Селекція і насінництво: міжвідомчий тематичний науковий збірник УААН, Ін-т рослинництва ім. В. Я. Юр'єва. Харків, 2008. Вип. 95. С. 55–64.*
3. Спеціальна селекція і насінництво польових культур : навч. посібник ; за ред. В. В. Кириченка / УААН, Ін-т рослинництва ім. В. Я. Юр'єва. Харків, 2010. 462 с.
4. Опалко О. А. Формування, морфологія і пилкова продуктивність мікроспорофілів представників роду *Malus Mill.* Автохтонні та інтродуковані рослини : зб. наук. пр. НДП “Софіївка” НАН України. Умань, 2010. № 6. С. 30-36. Режим доступу : <http://dspace.nbuv.gov.ua:8080/dspace/handle/123456789/>
5. Сич З. В., Жемойда В. Л., Сидорка І. В. Вивчення комбінаційної здатності у селекції гетерозисних гібридів методом неповних топ кросів. Київ, НАУ, 2004. 19 с.
6. Сич З. Д. Методичні рекомендації по статистичній оцінці селекційного матеріалу овочевих і баштанних культур. Харьков, 1993. 71 с.
7. Гур'єва І. А., Рябчун В. К. Генетичні ресурси кукурудзи і Україні. НААН, Ін-т рослинництва ім. В. Я. Юр'єва. Харків, 2007. 392 с.
8. Саблук П. Т., Мазоренко Д. І., Мазнев Г. Є. Технології вирощування зернових і технічних культур в умовах Лісостепу України ХНТУСГ. Харків, 2007. 633 с.
9. Авраменко С., Цихмейструк М., Глибокий О., Шелекін В. Нові аспекти вирощування жита озимого. *Агробізнес сьогодні.* № 17. 2011. С. 18–21.

10. Рябовол Я. С. Відбір самофертильних форм жита озимого. Матеріали всеукраїнської наук. конф. молодих вчених. Умань, 2012. Ч. 1. С. 91–92.
11. Бабаянц Л. Т., Мештерхази А., Вехтер Ф. «Методи селекції та оцінки стійкості пшениці та ячменю до хвороб у країнах-членах РЕВ». Прага, 1988. 321 с.
12. Белоусов А. А. Вивчення чоловічо-стерильних форм жита озимого. *Збірник робіт молодих вчених*. Одеса, 1969. С. 55–57.
13. Макарчук О. С., Жемойда В. Л. Підбір тестерів для оцінки вихідного матеріалу кукурудзи. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених та спеціалістів з проблем виробництва зерна в Україні. Дніпропетровськ, 2002. С. 66.
14. Kolasinska I., Wegrzyn S. Combining ability for selected quantitative characters in winter rye (*Secale cereale* L.). *Cereal Res. Commun.* 2001. № 1/2. P. 69–76.
15. Змієвська О. А., Єгоров Д. К. Прояв гетерозису у нових простих експериментальних гібридів ( $F_1$ ) жита озимого. *Селекція і насінництво*. 2015. Вип. 107. С. 52–59.
16. Змієвська, О. А. (2016). Селекційна цінність ліній-відновлювачів фертильності для створення високогетерозисних гібридів жита озимого: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. Київ.
17. Єгоров Д. К. Особливості формування і мінливість кількісних ознак у гібридів жита озимого. *Вісник центру наукового забезпечення АПВ Харківської області: науково-виробничий збірник*. Харків, 2012. Випуск 12. С. 78–84.
18. Naskauf B., Rabanus-Wallace M. T., Korzun V. Genetic architecture of fertility restoration in hybrid rye. *Theoretical and Applied Genetics*, 2023. 136. P. 215. <https://doi.org/10.1007/s00122-023-04321-7>
19. Єгоров Д. К., Солошенко О. В., Осипова Л. С. Особливості селекції нових сортів і гібридів озимого жита. *Актуальні проблеми сучасних наук: теорія і практика* : тези доповідей міжнародної науково-

- практичної конференції (16–30 черв. 2006 р.). Дніпро, 2006. Т. 11. С. 20–21.
20. Betrán F. J., Beck D., Bänziger M., Edmeades G. O. Genetic analysis of inbred and hybrid grain yield under stress and nonstress environments in tropical maize. *Crop Science*, 2003. Vol. 43. P. 807–817.
  21. Reif J. C., Zhang P., Dreisigacker S., et al. Wheat and rye heterosis: genetic architecture and combining ability. *Theoretical and Applied Genetics*, 2005. Vol. 111. P. 409–417.
  22. Griffing B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian J. Biol. Sci.* 1956. Vol. 9. P. 463 – 493.
  23. Horner E. S., Lundy H. W., Luttrik M. C., Charman W. H. Comparisons of three methods of recurrent selection in maize. *Crop Science*, 1973. Vol. 13., P. 485 – 489.
  24. Рябовол Я. С., Рябовол Л. О., Сліденко С. І. Генетичні ресурси вихідного матеріалу в селекції жита озимого. Матеріали XIII Міжнародної науково-практичної конференції «Наукові засади підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва». (29 листопада 2024 р.). Харків: ДБТУ. 2024. С. 270–273.
  25. Рябовол Я., Рябовол Л., Сліденко С., Хоменко С. Аналіз інбредних ліній жита озимого на загальну комбінаційну здатність. Матеріали XIV Міжнародної наукової конференції «Селекційно-генетична наука і освіта» (Парієві читання). (19–21 березня 2025 р.). Умань: ВПЦ«Візаві». 2025. С. 48–52.
  26. Рябовол Я. С., Сліденко С. І. Оцінка загальної комбінаційної здатності створених інбредних ліній жита озимого. Збірник наукових праць Уманського НУ. РВВ Уманського НУ, 2025. Вип. 106. Ч. 1. : Сільськогосподарські науки. С. 74–81. DOI: 10.32782/2415-8240-2025-106-1-74-81.
  27. Miedaner T., Wilde P. and Wortmann H. Combining ability of non-adapted sources for male-fertility restoration in Pampa CMS of hybrid rye. *Plant*

- Breeding. 2005. Vol. 124. Is. 1. P. 39–43. Available from : <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.14390523.2004.01038.x/abstract>
28. Wortmann, H., Miedaner, T. Combining ability of rye inbred lines evaluated in testcrosses. *Plant Breeding*, 2000. № 119(4). P. 331–336.
29. Geiger, H. H., Morgenstern, K. An evaluation of heterosis in rye hybrids. *Theoretical and Applied Genetics*, 1975. № 46. P. 245–252.
30. Geiger H. H., Schnell F. W. Cytoplasmic Male Sterility in Rye (*Secale cereale* L.). 1970. Vol. 10 № 5. P. 590–593 Available from : <https://crops.org/publications/cs/abstracts/10/5/CS0100050590?search-result=1>
31. Жемойда В. Л., Сидорка І. В. Комбінаційна здатність ліній капусти білоголової. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*, 2004, № 2. С. 45–50.
32. Horner E. S., Luttrik M. C. Recurrent selection for combining ability in maize. *Crop Science*, 1965. № 5. P.163–166.
33. Griffing, B. Selection in reference to genetic systems. *Journal of the American Statistical Association*, 1960. 55. P. 395–408.
34. Kolasińska, I., Węgrzyn, S. Diallel analysis of combining ability in winter rye (*Secale cereale* L.). *Plant Breeding and Seed Science*, 1992. № 36. P. 23–32.
35. Briggs F., Knowles P. Hybrid vigour and yield improvement in cereals. *Euphytica*, 1975. № 24(3). P. 345–356.
36. Miedaner T., Longin C. F. H., Reif J. C. Hybrid rye breeding strategies: challenges and prospects. *Plant Breeding*, 2022. № 141(6). P. 987–1000. <https://doi.org/10.1111/pbr.13241>
37. Єгоров Д. К., Циганко В. А., Дерев'янку В. П., Олійник О. О. Особливості селекції сортів та гібридів озимого жита. *Збірник наукових праць СГІ-НЦНС*. Одеса, 2010 Вип. № 16 (56). С. 104–109.
38. Худоєрко В. І., Пахомова В. П., Романенко Л. Г. Озиме жито. Київ. Урожай, 1977. 96 с.

39. Geiger H. H. Breeding methods in diploid rye (*Secale cereale* L.). Aufgalen und Entwicklungstendenzen der Roggenforschung und Roggenzucht : Eur. Ges. für Züch. (EUCARPIA)(22-27 Juni 1981). Schwerin, 1982. Т II. № 198. P. 305–332.
40. Melchinger A. E., Gumber R. K. Overview of heterosis and heterotic groups in hybrid breeding. *Crop Science*, 2022. № 62(1). P. 1–15. <https://doi.org/10.1002/csc2.20645>
41. Koehler P., Scherf K. A., Rakoczy-Trojanowska M. Quality traits and genetic improvement of rye. *Cereal Chemistry*, 2022. № 99(5). P. 1234–1248. <https://doi.org/10.1002/cche.10732>
42. Литун П. П., Коломацкая В. П., Белкин А. А., Садовой А. А. Генетика макроознак и селекційно-орієнтовані генетичні аналізи в селекції рослин. Харків, 2004. 134 с.
43. Симоненко Н. В. Оцінка вихідного матеріалу жита озимого (*Secale cereale* L.) для використання в селекції з метою покращення біохімічного складу зерна : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : спец. 06.01.05 «Селекція і насінництво». Оброшине, 2024. 29 с.
44. Geiger H. H., Miedaner T. Rye breeding: past, present and future. *Plant Breeding*, 2023. 142(2). 123–137. <https://doi.org/10.1111/pbr.13102>
45. Жито. Технічні умови : ДСТУ 4522:2006. Київ : Держспоживстандарт України, 2007. 11 с. (Національний стандарт України).
46. Симоненко Н. В., Губа І. І. Нові морфотипи жита озимого і їх реакція на різні умови вирощування. *Наукові здобутки молодих учених для розвитку аграрної науки в Україні*: матеріали науково-практичної інтернет-конференції молодих учених і спеціалістів в Україні, Вінниця, 2019. С. 68–70.
47. Дробот В. І. Технологія хлібопекарського виробництва. Київ: Логос. 2002.
48. Dien D. S., Mochizuki T., Yamakawa T. Effect of various drought stresses and subsequent recovery on proline, total soluble sugar and starch

metabolisms in Rice (*Oryza sativa* L.) varieties. *Plant Prod. Sci.* 2019. № 22. P. 530–545.

49. Hansen H. B., Moller B., Andersen S. B., Jørgensen J. R. Hansen A. Grain characteristics, chemical composition, and functional properties of rye (*Secale cereale* L.) as influenced by genotype and harvest year. *J. Agric. Food Chem.* 2004. № 52(8). P. 2282–2291.

## РОЗДІЛ 5

### ОЦІНКА ЦІННИХ ГОСПОДАРСЬКИХ ОЗНАК СТВОРЕНИХ ЛІНІЙ-ВІДНОВЛЮВАЧІВ ФЕРТИЛЬНОСТІ ЖИТА ОЗИМОГО

Світова селекція за глобальної зміни клімату розвивається у напрямку створення високопродуктивних, стійких до абіотичних і біотичних чинників сортів і гібридів жита озимого [1–3]. Успіх селекційного процесу став можливим за поглиблення знань з генетики й цитогенетики культури та новим науковим методичним підходом в цілому. В Україні селекція жита озимого проводиться в незначних обсягах, а на генетичному рівні дослідження майже відсутні [4, 5].

#### 5.1 Оцінка ліній-відновлювачів фертильності жита озимого за основними господарсько-цінними ознаками

Основними напрямками селекції жита озимого є селекція на продуктивність, короткостебловість, стійкість до вилягання та проростання зерна на колосі. Нині селекційний процес інтенсифікується завдяки досягнутому прогресу в інтрогресії донора генів на основі маркерних сегментів хромосом [4, 6]. Актуальними питаннями в Західній і Центральній Європі є селекція на стійкість до листової та стеблової іржі (*Russinia recondita*, *Russinia graminis* f. sp. *secalis*), ріжків жита (*Claviceps purpurea*) та толерантність до фузаріозних і вірусних хвороб тощо.

Нині у виробництві значну частку площ жита займають сорти-синтететики. Вони походять від розмноження самонесумісних популяцій, що суттєво поліпшуються за повторного, напів- або повного добору. Панміктичні сорти – це відібрані окремі фракції популяції, а синтетичні – складаються зі штучно відібраних вихідних компонентів, з яких їх можна повністю відтворити. Більшість сортів-синтетиків містять зародкову плазму двох і більше генетично віддалених генотипів [3, 4, 6].

Перспективним напрямком селекції жита озимого є створення гібридів на основі самонесумісності і цитоплазматичної генної чоловічої стерильності. У провідних селекційних установ Європи (KWS, Strube тощо) селекційні програми спрямовано на створення та виробництво гетерозисних гібридів [4–6]. Цей напрямок має свої переваги та недоліки. Звичайно, гібриди мають вищу продуктивність і стійкість до біотичних та абіотичних чинників, проте для отримання насіння необхідно тривалі цикли створення вихідних батьківських форм, що передбачає отримання інбредних ліній, переведення стерильної форми на її фертильний аналог та тестових схрещувань для перевірки матеріалу на специфічну комбінаційну здатність. Нині для прискорення створення ліній активно розробляються і впроваджуються в селекційний процес біотехнологічні методи, зокрема, культура дигаплоїдів [7–9].

Комерційне виробництво гібридного насіння вимагає висококваліфікованих підходів до насінництва. Пилок жита може долати значні відстані, не втрачаючи свою життєздатність. Тому необхідно дотримуватись просторової ізоляції насінників не менше 2 км. В Європейських країнах, оскільки жито продукує велику кількість пилку, існує практика його перевезення з батьківської форми для запилення ним материнського компонента в різних регіонах країни. За класичної методики насінництва жита, перезапилення материнської форми батьківською проводиться в перемінних смугах у співвідношенні 4:1. Для здешевлення виробництва насіння на основі ЦЧС, стерильну материнську форму і батьківський запилювач (відновлювач фертильності) вирощують у суміші за пропорції 95:5, 93:7 або 90:10. Встановлено, що лише 90–95 % сертифікованого насіння є гібридним, а решта – 5–10 % – випадково змішаним насінням запилювача, що погіршує показник гібридності партії [9–13].

Метою досліджень було створення та апробація короткостеблових високопродуктивних інбредних ліній-відновлювачів фертильності жита

озимого для використання їх в селекційних схемах отримання сортів-синтетиків і гібридів культури.

Вихідним матеріалом за створення нових ліній слугували сорти та гібриди вітчизняної і зарубіжної селекції Хлібне, Хасто, Дозор, Боротьба, Харківське 98, Palazzo, Quttino, Barazetto та раніше створені інбредні лінії 118-1, 114-7, 1214-5, 1292-4 [14].

У результаті гібридизації було отримано 27 стартів, з яких за селекційного добору в поколінні  $F_4$  виділено по 20 зразків. Добір проводили за основними фенотиповими господарсько-цінними ознаками: висота рослин, продуктивна кущистість, довжина колосу, кількість квіток і зерен у колосі, озерненість колосу, маса зерна з колосу та рослини, стійкість до хвороб, зимостійкість, стійкість до вилягання тощо.

За селекційного процесу було отримано та проаналізовано на загальну та специфічну комбінаційну здатність низку продуктивних матеріалів жита озимого. П'ять ліній 1714-1, 1719-3, 1731-9, 1742-5, 1744-2 під час проведення топ-кросів вирізнялись з-поміж інших позитивним гетерозисним ефектом і відновлювали фертильність рослин материнської форми на 97,5–98,5 %. Відібрані матеріали проаналізовано за основними елементами продуктивності культури (табл. 5.1).

Серед фенотипових показників висота рослин жита має важливе значення [8]. Ознака залежить від генотипу організму [9]. За висотою рослин середнє значення зразків було в межах 84–101 см. Найвищу висоту стеблостою фіксували в лінії 1714-1 (101 см), а найнижчу – в зразка 1731-9 (84 см). Кожен зі створених матеріалів може слугувати донором генів короткостебловості.

Продуктивна кущистість є важливою складовою загальної продуктивності рослини. Цим показником керувались за виділення продуктивних зразків у поколінні  $F_4$ . Продуктивна кущистість – показник який істотно залежить від генотипу та умов вирощування. Вченими доведено, що за схрещування вихідних форм жита у нащадків домінує вища

кущистість. За дослідом цей показник варіював у межах 4–16 шт. стебел на рослину. Найнижчу кущистість фіксували в лінії 1714-1 – 6,3 шт. стебел на рослину, найвищою – у лінії 1731-9, 8,8 стебел. Зразок 1731-9 доцільно використовувати донором генів цієї ознаки.

Таблиця 5.1

**Аналіз елементів продуктивності ліній-відновлювачів фертильності за основними фенотиповими показниками, 2021–2023 рр.**

Інbredна лінія (зразок)	Фенотипові кількісні ознаки									
	Висота рослин, см	Продуктивна кущистість, шт.стебел/рос.	Довжина колосу, см.	Кількість квіток у колосі, шт.	Кількість зерен у колосі, шт.	Озерненість колосу, %.	Цільність колосу, шт./см	Маса зерна з колосу, г.	Маса зерна з рослини, г	Маса 1000 насінин, г.
1714-1	101±4	6,3±1,1	8,9±0,5	57,8±2,5	49,6±2,4	85,8±1,3	5,6±0,1	1,7±0,1	10,7±1,6	34,2±0,4
1719-3	90±4	8,4±0,8	9,4±0,4	58,4±2,3	50,8±2,0	86,9±1,9	5,4±0,2	1,6±0,1	13,5±1,8	32,5±0,2
1731-9	84±4	8,8±1,2	8,2±0,3	54,6±1,9	48,5±1,6	88,8±1,8	5,9±0,2	1,5±0,05	13,2±2,2	30,1±0,3
1742-5	96±3	7,2±1,2	9,5±0,4	60,6±2,4	54,1±1,9	89,3±2,0	5,7±0,1	1,8±0,07	13,0±2,7	33,3±0,5
1744-2	93±3	8,2±1,1	9,9±0,5	64,6±2,1	57,6±1,6	89,2±2,1	5,8±0,2	1,9±0,1	16,0±2,9	34±0,3
<i>НІР<sub>05</sub></i>	4	1,1	0,4	2,8	2,6	2,1	0,2	0,1	0,7	0,6

Довжина колосу – генетично зумовлений чинник. Підтверджено, що ця ознака рослини маломінлива, хоча може неістотно змінюватись під дією умов навколишнього природного середовища. У наших дослідженнях показник варіював у межах 8,2–9,9 см.

Озерненість колосу, що визначається співвідношенням кількості зерен і квіток у колосі, відноситься до середньомінливих ознак і може змінюватись під впливом умов вирощування культури. Ознака рівноймовірно залежить від генотипових та фенотипових проявів організму.

Найбільшу кількість квіток і зерен у колосі формували рослини лінії 1744-2, 64,4 і 57,6 шт., відповідно, а найменшу – рослини лінії 1731-9, 54,6 і 48,5 шт. на суцвіття. Озерненість колосу істотно не відрізнялась за зразками. Дещо нижчою вона була у зразка 1714-1 ( 86 %).

На продуктивність жита суттєво впливає щільність колосу. Рослини з надщільним колосом, зазвичай, вражаються хворобами колосу, натомість рослини з не щільним суцвіттям – мають низьку врожайність. Впродовж досліджень відселектовано зразки, що вирізнялись середню щільністю колосу. Найвищим цей показник був у лінії 1731-9 і становив у середньому 5,9 шт. зерен на один сантиметр колосового стрижня. Найнижчу щільність мав колос рослин лінії 1719-3 – 5,4 шт. зерен/см.

Маса зерна з колосу – це інтегральна ознака, що залежить від кількості зерен у колосі та маси 1000 насінин. У селекції зернових колосових культур за цією ознакою проводиться добір на збільшення врожайності. У наших зразків ця величина варіювала в межах від 1,5 г. до 2,0 г. Найменшу масу зерна з колосу отримано з лінії 1731-9 – 1,5 г., найбільшу – з лінії 1744-2 – 1,95 г. Проте, майже у всіх зразках вирізнялись генотипи, у яких цей показник перевищував 2,3 г.

Урожайність жита озимого істотно залежить від продуктивності колосу та кількості продуктивних стебел на рослину в період збирання врожаю. Найбільшою масою зерна з рослини вирізнялась лінія 1744-2 (16 г.), найменшою – лінія 1714-1 (10,7 г). Значення цієї величини зразків 1742-5, 1731-9 і 1719-3 істотно не відрізнялись і складали, відповідно, 13,0 г, 13,2 г та 13,5 г.

Маса 1000 насінин створених матеріалів у середньому за роками досліджень варіювала в межах від 28,1 г до 40,3 г. Найкрупніше насіння формували рослини зразка 1714-1, на рівні 34,2 г, а найдрібніше – мала лінія 1731-9 (30,1 г). Вчені стверджують, що ця ознака залежить від генотипу вихідного матеріалу, проте важливими є також вплив абіотичних чинників продовж онтогенетичного розвитку організму [1, 2, 6].

Виділені зразки мали комплексну стійкість до хвороб (бура іржа, стеблова іржа, борошниста роса) та вилягання.

Отже, створено та апробовано зразки жита озимого, що отримано за гібридизації сортів, гібридів та інбредних ліній, які характеризуються

загальною і специфічною комбінаційною здатністю, короткостебловістю, середньою озерненістю та щільністю колосу і масою 1000 насінин. Високою продуктивною кущистістю, формуючи понад вісім колосоносних стебел на рослину, вирізнявся зразок 1731-9, а за довжиною колосу до 10,0 см і кількістю зерен у колосі понад 57 шт. – зразок 1744-2 [15].

Створений матеріал, доцільно використовувати донором генів окремих господарсько-цінних ознак і вихідним матеріалом для отримання сортів-синтетиків і ведення гетерозисної селекції культури [15].

## **5.2 Оцінка резистентності до хвороб створених ліній-відновлювачів фертильності жита озимого**

У сучасних умовах інтенсифікації сільськогосподарського виробництва, факторами, що негативно впливають на врожайність і валовий збір рослинної продукції є вплив біотичних чинників, зокрема, низки патогенів, що спричинюють хвороби та зміну морфобіологічних процесів в організмі [16–18]. У періоди епіфітотій продуктивність рослин істотно знижується [19]. Створення резистентних до різних рас патогенів сортів і гібридів є найефективним, науково та економічно обґрунтованим методом захисту рослин в умовах навколишнього природного середовища [5, 20, 21]. Вирощування стійких і толерантних до збудників хвороб генотипів сприятиме підвищенню продуктивності культури і зменшенню пестицидного навантаження агроценозів [22–25].

Найшкодочиннішими хворобами жита є снігова пліснява (*Microdochium nivale*), прикоренева гниль, викликана комплексом *Helgardia herpotrichoides*, *H. Acuformis* (син. *Pseudocercospora herpotrichoides* var. *herpotrichoides*, var. *acuformis*), *M. nivale* та *Fusarium* spp., борошніста роса (*Blumeria graminis* f.sp. *secalis*), бура іржа (*Puccinia recondita*), стеблова іржа (*P. graminis* f.sp. *secalis*), плямистість листя (*Rhynchosporium secalis* та інші гриби), ріжки (*Claviceps purpurea*) і фузаріоз (ФНВ), спричинений грибами *M.*

Nivale та різними видами *Fusarium*, а також ґрунтовий вірус мозаїки злаків (SBCMV), вірус мозаїки пшениці, що передається через ґрунт (SBWMV), вірус веретеноподібної мозаїки (WSSMV), який передається ґрунтовим грибом *Polymyxa graminis* і викликає нові захворювання в окремих регіонах, зокрема, Німеччини та Польщі [26–30]. До борошнистої роси та листкової іржі встановлено якісну і кількісну резистентність, а для стрижневої гнилі, фітофторозу та ріжків виявлено лише кількісні варіації [31].

Селекція на імунітет потребує знання генетичних механізмів стійкості. З цією метою весь вихідний матеріал апробується на природному фоні агроценозу [31, 32].

Метою досліджень був аналіз створених зразків жита озимого за стійкістю до збудників найшкодочинніших хвороб культури.

Матеріалами слугували п'ять відселектованих ліній 1714-1, 1719-3, 1731-9, 1742-5, 1744-2, створених за внутрішньовидової гібридизації географічно віддалених форм. За стандарт використовували сорт-синтетик Хлібне [26].

Обліки та фенологічні спостереження рослин жита озимого здійснювали за «Методикою державної науково-технічної експертизи сортів рослин» [33].

Впродовж селекційного процесу 2021–2023 рр. створені лінії жита озимого проаналізовано на стійкість до снігової плісняви (*Microdochium nivale*), борошнистої роси (*Blumeria graminis* f.sp. *secalis*), бурої іржі (*Puccinia recondita*), стеблової іржі (*Puccinia graminis* f.sp. *secalis*), септоріозу (*Septoria tritici* Rob. et Desm.) та фузаріозу колосу (*Fusarium graminearum*, *Fusarium sporotrichiella*). Ці хвороби широко розповсюджені на промислових посівах культури в більшості регіонів України [29, 34].

Снігова пліснява (*Microdochium nivale*) – одна з найшкодочинніших хвороб, що виникає комплексно на посівах жита озимого. У регіоні Правобережного Лісостепу вона спостерігалась на рослинах агроценозів у

2021 і 2023 роках, і місцями – у 2022 році. Взимку 2024 року на дослідних ділянках її не фіксували.

Значні втрати врожаю від ураження рослин спостерігаються в середньому раз на два роки [32, 35].

Факторами, що спричиняють розвиток хвороби, є:

- перезволожений ґрунт наприкінці зими та на початку весни;
- щільний сніговий покрив впродовж тривалого проміжку часу;
- нестача калію у ґрунті;
- кислі ґрунти з високим вмістом органіки;
- висока концентрація азотних добрив, внесених восени;
- залишки рослинних решток і товстий прошарок відмерлих бур'янів, що створюють сприятливі умови для розвитку патогенів;
- недостатній розвиток рослин перед входженням у зиму;
- недостатня аерація ґрунту [34, 35].

Не зважаючи на дослідження вчених за програмами з вивчення стійкості рослин до хвороби і створення стійких сортів, жоден сучасний сорт жита озимого не має повної стійкості до снігової плісняви. Це пояснюється тим, що збудник має широкий спектр рослин-живителів. Крім жита хворобою уражується низка злакових культур, зокрема пшениця яра та озима, ячмінь, овес, тимофіївка, грястиця, райграс, тонконіг тощо [32]. Відповідно до закономірності розподілу імунітету серед сортів, сформульованої М. І. Вавиловим, встановлено, що зі зменшенням рівня спеціалізації фітопатогенного організму щодо родів і видів рослин-живителів істотно знижується ймовірність ефективного добору та селекційного створення імунних сортів. За відсутності адаптації гриба до родо- та видових особливостей рослини, малоімовірною є його диференційована реакція на сортоспецифічні ознаки жита озимого [32, 36, 37].

Відсутність у патогена чіткої спеціалізації і добре успадкованого контролю стійкості на генетичному рівні унеможливорює одержання стійких популяцій жита озимого до хвороби. Отже, основним питанням в селекції

жита на стійкість до снігової плісені є виявлення та селектування матеріалу, здатного подолати наслідки ураження в природних агроценозах. Зазвичай аналізується пасивна стійкість або толерантність, що характеризується здатністю рослини до регенерації після ураження хворобою і формування стабільного врожаю [31, 32].

Терміни прояву снігової плісняви на посівах фіксують весною після танення снігу у фазу розвитку ВВСН 21–25 рослин жита озимого. Кільцеві плями діаметром до 20 см можуть з'являтися у місцях де застоюється вода. Згодом вони збільшуються у розмірі та поширюються, створюючи великі білі ділянки на площі посіву. Хвороба інтенсивно прогресує в безморозну зиму за тривалого збереження снігового покриву. Снігова пліснява також може розвиватися за зимових відлиг, утворюючи міцелій хвороботворних грибів, що формують пухнастий наліт світло-сірого кольору на рослинах. Хвороба легко візуально ідентифікується за похмурої і безвітряної погоди [32, 36].

Найвищу стійкість до снігової плісняви відмічено у лінії 1744-2. Інтенсивність ураження рослин цього зразка була найменшою (табл. 5.2).

Таблиця 5.2

**Аналіз стійкості створених ліній-відновлювачів фертильності жита озимого до снігової плісняви, 2021–2023 рр.**

Зразок, лінія	Стійкість рослин до снігової плісняви за роками досліджень					
	2021		2022		2023	
	Кількість уражених рослин, %	Бал стійкості	Кількість уражених рослин, %	Бал стійкості	Кількість уражених рослин, %	Бал стійкості
Хлібне	74,1	4	45,2	6	77,6	3
1714-1	54,9	5	36,9	7	50,7	5
1719-3	70,5	4	44,8	6	69,7	4
1731-9	72,2	4	45,9	6	74,3	4
1742-5	52,4	5	38,2	7	49,3	5
1744-2	50,2	5	25,8	8	44,4	6
<i>НІР</i> <sub>05</sub>	2,9	–	2,8	–	3,6	–

У 2021 році – 50,2 %, у 2022 році – 25,8 %, у 2023 році – 44,4 %. Дещо нижчу стійкість до хвороби зафіксовано в лінії 1742-5. Найбільшу частку уражених рослин відмічено у зразка 1731-9. За роками досліджень вона склала, відповідно, 72,2 %, 45,9 % і 74,3 %. Інтенсивність ураження рослин сорту-стандарту Хлібне фіксували впродовж років досліджень на рівні 74,1 % 45,2 % та 77,6 %. Рослини зразка 1714-1 демонстрували середні показники ураження сніговою пліснявою.

Слід відмітити, що пасивна форма стійкості до снігової плісняви визначається генетичними системами, що контролюють формування щільності стеблостою на різних етапах онтогенезу [31, 32, 37]. Вирішальне значення для реалізації пасивної стійкості мають генетичні системи, що контролюють весняне відростання та індекс продуктивної кущистості. Таким чином, показники динаміки стеблостою є своєрідним тестом на різну стійкість до снігової плісняви, а коефіцієнт екологічної пластичності визначає ступінь цієї стійкості.

Борошниста роса (*Blumeria graminis* f.sp. *secalis*) – хвороба, що для жита вважається менш шкодочинною порівняно зі сніговою пліснявою, проте в період епіфітотій недобір урожаю диплоїдних сортів фіксують до 17 %, а тетраплоїдних форм – до 47 % [37]. На рослинах жита озимого хворобу спостерігають від фази кущення (ВВСН 21-29) до молочної стиглості (ВВСН 75-79) [32]. Вченими відмічено, що шкодочинність цієї хвороби на посівах короткостеблових форм майже вдвічі вища ніж на посівах високостеблових [32, 38, 39]. Уражені рослини суттєво знижують озерненість колосу та масу 1000 насінин.

Вченими доведено, що донори стійкості доцільно відбирати зі створених культурних популяцій жита, оскільки дикоростучі матеріали разом зі стійкістю до хвороби інтродукують в геном низку негативних ознак [30]. Встановлено, що повний імунітет до *Blumeria graminis* контролюється одним геном *Er/er* у гомозиготному стані. Домінантний стан гена *Er/er* зумовлює

стійкість рослин у ранні періоди онтогенезу від сходів (ВВСН 11) до колосіння (ВВСН 51), тобто початок фази R1 [39, 40].

Оцінку матеріалу на стійкість до борошнистої роси можна проводити на природньому та штучному фонах у польових умовах і на штучному фоні в теплиці. В наших дослідженнях оцінку стійкості матеріалу до борошнистої роси проводили в польових умовах на природному фоні (табл. 5.3).

Таблиця 5.3

**Аналіз стійкості створених ліній-відновлювачів фертильності  
жита озимого до борошнистої роси, 2021–2023 рр.**

Зразок, лінія	Стійкість рослин до борошнистої роси за роками досліджень							
	2021		2022		2023		Середнє за роками	
	Кількість уражених рослин, %	Бал стійкості	Кількість уражених рослин, %	Бал стійкості	Кількість уражених рослин, %	Бал стійкості	Кількість уражених рослин, %	Бал стійкості
Хлібне	27,5	5	17,3	6	18,7	6	21,2	6
1714-1	17,5	6	10,3	7	12,7	7	13,5	7
1719-3	12,2	7	17,1	6	10,3	7	13,2	7
1731-9	19,5	6	24,2	5	18,1	6	20,6	6
1742-5	9,4	7	15,5	6	10,3	7	11,7	7
1744-2	8,5	8	13,4	7	8,3	8	10,1	8
<i>НІР</i> <sub>05</sub>	1,9	–	2,1	–	1,8	–	1,9	–

Середнє ураження рослин борошнистою россою за роки досліджень сорту-стандарту Хлібне склало 21,2 %, середній бал стійкості – 6. Несуттєво нижчий показник (20,6 %) ураження рослин, з аналогічним середнім балом стійкості 6, відмічено в зразка 1731-9. Найвищу стійкість до борошнистої роси з середнім показником ураження 10,1 % (бал стійкості 8) зафіксували у лінії 1744-2. Зразки 1714-1, 1719-3 і 1742–5 мали середній бал стійкості 7 з ураженням рослин патогенами на рівні 13,2 %, 13,5 % та 11,7 %, відповідно.

Бура іржа (*Puccinia recondita*) – хвороба жита, що викликає передчасне висихання листків і призводить до зниження врожаю, якості зерна та

кормової цінності зеленої маси [32, 33, 39]. Вченими встановлено, що шкодочинність бурої іржі (*Puccinia dispersa* Erikss) на посівах жита в період епіфітотій висока. Доведено, що втрати від бурої іржі за показником 1000 насінин становлять до 33 %, а за показником маси зерна з колосу до 56 %. Сорти-популяції мають невелику концентрацію стійких генотипів (від поодиноких рослин до 5–10 %), імунних сортів і гібридів F<sub>1</sub> не виявлено. Стійкість чи сприйнятливість до хвороби в жита контролюється геном Pd/pd. Найбільшої шкодочинності бура іржа завдає короткостебловим зразкам. За сильної епіфітотії ця хвороба може повністю знищити врожай культури. Дослідження показали, що на різних фонах зараження хворобою жита озимого, зниження врожайності короткостеблових форм сягала до 80 %. Цей показник майже втричі вищий ніж у високостеблових сортів [32, 33, 39, 40].

У процесі апробації створених зразків встановлено, що ураженість хворобою сорту-стандарту Хлібне склала 13,5 % з середнім балом стійкості 7 (табл. 5.4).

Таблиця 5.4

**Аналіз стійкості створених ліній-відновлювачів фертильності  
жита озимого до бурої іржі, 2021 – 2023 рр.**

Зразок, лінія	Стійкість рослин до бурої іржі за роками досліджень							
	2021		2022		2023		Середнє за роками	
	Кількість уражених рослин, %	Бал стійкості	Кількість уражених рослин, %	Бал стійкості	Кількість уражених рослин, %	Бал стійкості	Кількість уражених рослин, %	Бал стійкості
Хлібне	16,2	6	9,3	7	11,7	7	12,4	7
1714-1	9,4	7	9,9	7	10,6	7	10,0	7
1719-3	11,2	7	10,4	7	6,8	8	9,5	7
1731-9	14,5	6	11,8	7	8,7	7	11,7	7
1742-5	7,3	8	5,8	8	7,1	8	6,7	8
1744-2	9,3	7	6,9	8	7,3	8	7,8	8
HIP <sub>05</sub>	1,5	–	1,9	–	1,6	–	1,7	–

Зразок 1731-9 в середньому за три роки мав аналогічний бал стійкості, проте ураження рослин бурю іржею був несуттєво нижчий – на рівні 11,7 %. Найнижчий відсоток ураження рослин (6,7 %) і, відповідно, найвищий бал стійкості – 8, відмічено у рослин зразка 1742-5. Неістотно вищий показник ураження був у рослин лінії 1744-2 (7,8 %). Рослини зразків 1714-1 та 1719-3 мали відсоток ураження хворобою на рівні 9,5 % та 10,0 % відповідно, з балом стійкості 7.

Стеблова іржа (*Ruscinia graminis* f.sp. *secalis*) – хвороба, що уражує більшість злакових культур, зокрема пшеницю, жито, ячмінь тощо. Шкодочинність від стеблової іржі жита озимого за показником 1000 насінин сягає 22,1 %, а масою зерна з колосу – до 35,5 %. Стійкість до стеблової іржі контролюється генами SrA-SrM у домінантному стані [32, 33, 39, 40].

Найнижчий відсоток ураження стебловою іржею відмічено в рослин зразків 1742-5 і 1744-2, на рівні 3,8 % та 4,0 %, відповідно (табл. 5.5).

Таблиця 5.5

**Аналіз стійкості створених ліній-відновлювачів фертильності  
жита озимого до стеблової іржі, 2021–2023 рр.**

Зразок, лінія	Стійкість рослин до стеблової іржі за роками досліджень							
	2021		2022		2023		Середнє за роками	
	Кількість уражених рослин, %	Бал стійкості	Кількість уражених рослин, %	Бал стійкості	Кількість уражених рослин, %	Бал стійкості	Кількість уражених рослин, %	Бал стійкості
Хлібне	11,1	7	7,0	8	6,8	8	8,3	8
1714-1	10,8	7	3,1	9	7,2	8	7,0	8
1719-3	6,4	8	5,7	8	6,1	8	6,1	8
1731-9	9,9	7	6,2	8	10,4	7	8,8	7
1742-5	5,5	8	2,5	9	3,3	9	3,8	9
1744-2	6,3	8	2,8	9	3,0	9	4,0	9
НІР <sub>05</sub>	1,8	–	1,4	–	1,5	–	1,6	–

Бал стійкості ліній склав 9. Вищий відсоток ураження, але з високим балом стійкості (8), зафіксовано у зразків 1719-3 (6,1 %) та 1714-1 (7 %).

Найвищий відсоток уражених рослин (8,8 %) вирізняли у лінії 1731-9 з балом стійкості 7 що перевищувало ураженість рослин сорту-стандарту на 0,5 %.

Септоріоз (*Septoria tritici* Rob. et Desm.) – це хвороба, що проявляється на листках, стеблах і колосі у вигляді світло-жовтих і світло-бурих плям з темним обідком. На плямах утворюються чорні дрібні пікніди у вигляді крапок. Листки уражених рослин бліднуть, втрачають хлорофіл і повністю висихають, а стебла буріють, зморщуються і, зазвичай, вигинаються. Септоріоз жита призводить до формування рослинами щуплого не виповненого зерна, інколи – до безпліддя колосу. Захворювання рослин хворобою виявляють скрізь, проте найчастіше це зустрічається в районах з підвищеною вологістю. Пікноспори проростають у краплинах вологи за температури від 9 до 28 °С (оптимум 20–22 °С). Інкубаційний період хвороби від шести до дев'яти діб. Втрати врожаю становлять попередньо 30 % [32, 33, 38, 39].

Впродовж 2021–2023 років досліджень фіксували недостатню кількість опадів, проте ознаки прояву хвороби на селекційному матеріалі ідентифікувались чітко (табл. 5.6).

Таблиця 5.6

**Аналіз стійкості створених ліній-відновлювачів фертильності жита озимого до септоріозу, 2021–2023 рр.**

Зразок, лінія	Стійкість рослин до септоріозу за роками досліджень							
	2021		2022		2023		Середнє за роками	
	Кількість уражених рослин, %	Бал стійкості	Кількість уражених рослин, %	Бал стійкості	Кількість уражених рослин, %	Бал стійкості	Кількість уражених рослин, %	Бал стійкості
Хлібне	16,6	6	12,1	7	15,0	6	14,6	6
1714-1	11,5	7	7,0	8	9,2	7	9,2	7
1719-3	6,2	8	9,1	7	10,8	7	8,7	7
1731-9	12,3	7	14,2	6	14,1	6	13,5	6
1742-5	9,8	7	13,9	6	6,3	8	10,0	7
1744-2	6,5	8	7,1	8	6,6	8	6,7	8
<i>НІР</i> <sub>05</sub>	1,3	–	1,2	–	1,5	–	1,3	–

Найвищий бал стійкості до септоріозу відмічено в лінії 1744-2. У середньому ураження рослин хворобою було на рівні 6,7 %, бал стійкості – 8. Дещо вищі показники ураження відмічено у зразків 1719-3 і 1714-1 – 8,7 і 9,2 %, відповідно, за балу стійкості – 7. Частка уражених рослин сорту-стандарту Хлібне склала 14,6 %.

Фузаріоз колосу (*Fusarium graminearum*, *Fusarium sporotrichiella*) – хвороба, що поширена практично у всіх зонах вирощування жита, проте найбільшу шкодочинність відмічено в регіонах з теплою вологою погодою в період цвітіння–повна стиглість (ВВСН 60+). Відбувається знебарвлення і побіління колоскових лусочок на окремих колосках суцвіття або всього колосу. Згодом на колоскових лусочках можна спостерігати дрібні чорні крапки, що є плодовими тілами грибів [32, 38–40].

Виникненню хвороби сприяють кілька видів грибів роду *Fusarium*. Симптоми досить схожі і візуально складно визначити, яким патогеном вражено агроценоз. Ідентифікувати конкретний грибок роду *Fusarium* можливо лише за лабораторного аналізу. Окремі види *Fusarium* змінюються залежно від року, погодних умов та фази розвитку ВВСН. На одній рослині можуть одночасно паразитувати кілька видів. Вченими доведено що всі гриби роду *Fusarium* продукують мікотоксини, небезпечні для здоров'я людини і тварин. За даними FAO нині до 25 % світового виробництва зерна жита заражено цією хворобою.

Впродовж досліджень було відмічено, що в 2021 і 2023 роках загальна ураженість рослин жита фузаріозом на дослідних ділянках значно перевищувала показник 2022 року (табл. 5.7). Цьому спонукала підвищена вологість повітря в період від цвітіння до повної стиглості. У 2022 році фіксували посуху, що перешкоджала розвитку хвороби в регіоні.

**Аналіз стійкості створених ліній-відновлювачів фертильності  
жита озимого до фузаріоза колосу, 2021–2023 рр.**

Зразок	Стійкість рослин до фузаріозу колоса за роками досліджень							
	2021		2022		2023		Середнє за роками	
	Кількість уражених рослин, %	Бал стійкості	Кількість уражених рослин, %	Бал стійкості	Кількість уражених рослин, %	Бал стійкості	Кількість уражених рослин, %	Бал стійкості
Хлібне	14,4	6	1,4	8	20,2	5	12,0	6
1714-1	9,9	7	0,4	9	11,1	7	7,1	8
1719-3	10,2	7	0,9	8	12,0	7	7,7	7
1731-9	11,4	7	0,2	9	6,2	8	5,9	8
1742-5	13,8	6	0,4	9	11,7	7	8,6	7
1744-2	10,6	7	1,8	8	14,3	6	8,9	7
НІР <sub>05</sub>	1,2	–	0,2	–	1,1	–	0,8	–

За результатами досліджень зафіксовано, що найвищу стійкість до фузаріоза колосу відмічено в зразка 1731-9 (5,9 %), з балом стійкості 8. Суттєво вищий показник ураження колосу рослин 7,7 % фіксували в лінії 1719-3, бал стійкості – 7. Істотно вищий відсоток ураження колосу відмічено у зразків 1742-5 і 1744-2 – 8,6 % і 8,9 %, відповідно. Найнижчий бал стійкості до хвороби відмічено в сорту-стандарту (6) з середньою часткою ураження колосу рослин 12,0 %.

За аналізу резистентності створеного матеріалу до хвороб, виділено два зразки 1742-5 і 1744-2 з комплексною стійкістю до *Blumeria graminis f.sp. secalis*, *Puccinia recondita* і *Puccinia graminis f.sp. secalis*. Вони долучені донорами генів стійкості до селекційного процесу створення нових форм культури.

Отже, проаналізовано створені лінії-відновлювачі фертильності жита озимого на стійкість до низки збудників хвороб і підтверджено, що загалом нині немає сортів і гібридів культури з абсолютною стійкістю до найшкодочинніших хвороб, проте у процесі досліджень відселектовано та

виділено зразки, що вирізняються стійкістю до окремих патогенів. Їх доцільно використовувати донорами генів у селекції на резистентність.

Зразок 1731-9 ефективно використовувати донором генів стійкості до фузаріоза колосу, а зразок 1744-2 – до септоріозу. Дві лінії 1742-5 і 1744-2 показали комплексну стійкість до збудників борошнистої роси, бурої та стеблової іржі. Встановлено високий рівень резистентності отриманих ліній (8–9 балів) до місцевих рас популяцій патогенів ідентифікованих хвороб. Їх долучено до селекційних програм зі створення стійких до збудників хвороб вихідних форм культури.

Відбір зразків за допомогою маркерів може суттєво прискорити селекційний процес отримання матеріалів жита стійких до найшкодочинніших хвороб.

### **Висновки за розділом 5**

1. Підтверджено, що залучення до схем гібридизації еколого-географічно віддалених форм забезпечує реалізацію рекомбінативної мінливості та дає змогу отримати вихідний селекційний матеріал жита озимого з модифікованою архітектонікою рослини і підвищеним рівнем індивідуальної продуктивності.
2. З'ясовано, що створений зразок 1731-9 характеризується високим рівнем продуктивної кущистості, формуючи до восьми колосоносних стебел на одну рослину, а зразок 1744-2 вирізняється довжиною колосу до 10,0 см та формуванням понад 57 зерен на суцвіття. Сукупність зазначених ознак обґрунтовує доцільність використання цих генотипів вихідним селекційним матеріалом у схемах гібридизації зі створення нових форм жита озимого.
3. Отримані лінії-відновлювачі фертильності жита озимого комплексно проаналізовано за рівнем стійкості до хвороб, і підтверджено їх резистентність до окремих локальних рас фітопатогенів. Встановлено, що лінія 1731-9 є ефективним донором генів стійкості до фузаріозу

колоса, зразок 1744-2 – до септоріозу, а лінії 1742-5 і 1744-2 – до збудників борошнистої роси, бурої та стеблової іржі.

4. Створений матеріал, доцільно використовувати донором генів окремих господарсько-цінних ознак і вихідним матеріалом для отримання сортів-синтетиків і ведення гетерозисної селекції жита озимого.
5. Сформовано колекцію зразків жита озимого, що вирізняються маркерними та цінними господарськими ознаками, зокрема високою комбінаційною здатністю, самофертильністю, короткостебловістю, високою кушистістю, продуктивністю колосу тощо.

За матеріалами розділу опубліковано три наукових праці [14, 15, 26].

#### **СПИСОК ДЖЕРЕЛ ЛІТЕРАТУРИ ДО РОЗДІЛУ 5.**

1. Єгоров Д. К. Наукові основи селекції озимого жита (методика, результати). Селекція польових культур. *Збірник наукових праць УААН*. IP ім. В. Я. Юр'єва. Харків, 2008. С. 89–95.
2. Єгоров Д. К., Циганко В. А., Стефан О. О., Олійник О. О. Формування ценозу рослин жита озимого на ділянках гібридизації та його вплив на рівень прояву ознак продуктивності. *Селекція і насінництво, зб. наук. праць*. Харків, 2012. С. 30–37.
3. Худоєнко В. І. Вирішення проблеми створення короткостеблих сортів озимого жита в Україні. *Наукові основи стабілізації виробництва продукції рослинництва*. Матеріали Міжнародної конференції до 90-річчя від заснування Ін-ту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва УААН. Харків, 1999. С. 113–114.
4. Авраменко С., Цихмейструк М., Глибокий О., Шелекін В. Нові аспекти вирощування жита озимого. *Агробізнес сьогодні*, № 17. 2011. С. 18–21.
5. Рябовол Я. С., Парій Ф. М., Рябовол Л. О. Генетичні основи створення батьківських компонентів гібридів жита озимого: монографія. Умань: Візаві, 2017. 188 с.

6. Marselo J. Carena. Cereals. Handbook for plant breeding. Springer Science + Business Media. LLC. 2009. 425 p.
7. Гончаренко А. А. Сучасні можливості покращення якості зерна жита озимого. *Селекція і насінництво*, 2011. № 100. С. 24–36.
8. Сень О. В. Ефективність оцінки комбінаційної здатності за врожайністю вихідного матеріалу домінантно-короткостеблого озимого жита в діалельній схемі схрещувань. *Проблеми сучасного землекористування*. Матеріали науково-практичної конференції молодих вчених. Чабани, 2002. С. 161–162.
9. Geiger H. H. Strategies of hybrid rye breeding. In: Proceedings of International Symposium on Rye Breeding & Genetics. 28–30 June 2006, Groß Lußewitz, Germany, 2006. P. 16.
10. Buksa K, Łakomy A., Nowotna A., Krystyjan M. Arabinoxylan-starch-protein interactions in specially modified rye dough during a simulated fermentation process. *Food Chemistry*, July 2018. № 253. P. 156–163.
11. Krystyjan M., Buksa K., Zięba T. The influence of genotype on functional properties of rye grain components. *Journal of Cereal Science*. 2017. P. 28–37.
12. Shanying Zhu, Haonan Du, Fuyu Su etc. Molecular cytogenetic analyses of two new wheat-rye 6RL translocation lines with resistance to wheat powdery mildew. *The Crop Journal*. Volume 11, Issue 2, April 2023. P. 584–592.
13. Rossana V. C. Cardoso, Ângela Fernandes, Sandrina A. Heleno and all: Physicochemical characterization and microbiology of wheat and rye flours. *Food Chemistry*. May 2019. Volume 6. P. 123–129.
14. Рябовол Я. С., Рябовол Л. О., Сліденко С. І., Царук А. Б. Відбір та апробація перспективних ліній для селекційного процесу жита озимого. Матеріали ІХ Всеукраїнської науково-практичної конференції «Генетика і селекція в сучасному агрокомплексі» Умань, 2024. С.
15. Рябовол Я. С., Рябовол Л. О., Сліденко С. І. Оцінка створених інбредних ліній жита озимого за основними господарсько-цінними ознаками.

- Збірник наукових праць Уманського НУС. РВВ Уманського НУС, 2024. Вип. 105. Ч. 1. : Сільськогосподарські науки. С. 112–117. DOI: 10.32782/2415-8240-2024-105-1-112-118*
16. Kalenska S., Tokar B., Tasheva Y. Management of cereal crops resistance to sinking. *Naukovyi visnyk NUBIP ukrainy. seriia: ahronomiia [scientific herald of NULES of ukraine. series: agronomy]*, 2015. Vol. 210. №. 1. P. 22–30.
  17. Miller T. D. Growth stages of wheat: identification and understanding improve crop management. *Texas A&M AgriLife Extension SCS*, 1996. Vol. 16, №. 16. P. 32–40.
  18. Примак І. Д. та ін. Екологічні проблеми землеробства; ред. І. Д. Примака. Київ : Центр учб. літ., 2010. 456 с.
  19. Kaletnik G. et al. The world experience in the regulation of the land circulation. *European journal of sustainable development*. 2020. Vol. 9, №. 2. P. 557–568.
  20. Mazur V. A. et al. Energy-economic efficiency of growth of grain-crop cultures in conditions of Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Ukrainian journal of ecology*. 2018. № 8(4). P. 26–33.
  21. Бровдій В. М., Гулий В. В., Федоренко В. П. Біологічний захист рослин. Київ: Світ, 2004. 348 с.
  22. Боровик С. О. Наукові основи технології вирощування жита озимого. *Аграрні інновації. Меліорація, землеробство, рослинництво*, 2023. № 21. С. 22–28. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.21.3>.
  23. Костюкевич Т. Оцінка впливу зміни клімату (RCP 8.5) на продуктивність озимого жита в Східному Лісостепу України. *Modern trends in science and practice: collective monograph*. California, USA. 2021. Vol. 1. P. 18–23. DOI: 10.51587/9781-7364-13302-2021-005-18-23.
  24. Ярош А. В. та ін. Роль генетичного різноманіття жита озимого у створенні високоадаптивних сортів та гібридів. *Генетичні ресурси*

- рослин. Посібник українського хлібороба : науково-практичний збірник*, 2015. Т. 1. С. 81–83.
25. Черемісіна С. Г. Ринок зернових культур в Україні: аналіз сучасного стану та перспективи розвитку. *Економіка АПК*, 2021. № 2. С. 48–58. DOI: <https://doi.org/10.32317/2221-1055.202102048>.
  26. Рябовол Я. С., Сліденко С. І. Оцінка резистентності до хвороб створених зразків жита озимого. *Збірник наукових праць. Агробіологія, Білоцерківський національний аграрний університет. Біла Церква: БНАУ*, 2025. № 1 (195). С. 153–162. DOI: 10.33245/2310-9270-2025-195-1-153-161.
  27. Geiger H. H., Miedaner T. Rye breeding: past, present and future. *Plant Breeding*, 2023. 142(2). P. 123–137. <https://doi.org/10.1111/pbr.13102>
  28. Ключевич М. М., Гриценко О. Ю. Найпоширеніші грибні хвороби жита озимого в Поліссі України. *Вісник ЖНАЕУ*, 2017. № 2 (61). Т. 1. С. 50–55.
  29. Kastirr U., Wortmann H., Schmiedchen B., Rabenstein F. and Kuhne T. Occurrence of soil-borne viruses in rye and prospects for improving resistance to these viruses. In: *Proceedings of International Symposium on Rye Breeding & Genetics*. 28–30 June 2006. Groß Lusewitz, Germany, 2006. P. 34.
  30. Wehling P., Ordon F., Stojalowski S. Fusarium head blight resistance in winter rye. *Agronomy*, 2024. № 14(1). P. 124. <https://doi.org/10.3390/agronomy14010124>
  31. Спеціальна селекція та насінництво польових культур: навчальний посібник; підгот.: Н. І. Рябчун, М. І. Єльніков, А. Ф. Звягін та ін.; за ред. В. В. Кириченка. Харків: ІР ім. В.Я. Юр'єва НААН України, 2010. 462 с.
  32. Основи селекції польових культур на стійкість до шкідливих організмів: навчальний посібник; за ред. В. В. Кириченка та В. П. Петренкової. НААН, Ін-т рослинництва ім. В. Я. Юр'єва. Харків: Ін-т рослинництва ім. В. Я. Юр'єва, 2012. 320 с.

33. Методика державної науково-технічної експертизи сортів рослин. Методи визначення показників якості продукції рослинництва; за ред. С. О. Ткачик. 4-те видання виправлене і доповнене. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2015. 150 с.
34. Baker, K., Koduru, S., Babaei, S. et al. Precision planting effect on winter rye yield and quality for biofuel and forage production. *Biomass and Bioenergy*, 2024. Vol 184. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2024.107219>
35. Hübner M., Wilde P., Miedaner T. Screening hybrid rye for resistance to snow mold under controlled conditions. *Euphytica*, 2019. № 215. P. 45.
36. Shanying Zhu, Haonan Du, Fuyu Su etc. Molecular cytogenetic analyzes of two new wheat-rye 6RL translocation lines with resistance to wheat powdery mildew. *The Crop Journal*, 2023. Vol. 11, iss. 2. P. 584–592.
37. Змієвська О. А., Єгоров Д. К. Прояв гетерозису у нових простих експериментальних гібридів (F<sub>1</sub>) жита озимого. *Селекція і насінництво*. 2015. Вип. 107. С. 52–59.
38. Скорик В. В., Симоненко Н. В. Оцінка деяких ознак озимого жита (*Secale cereale*) в умовах Носівської селекційно-дослідної станції. *Миронівський вісник*, № 3. 2016. С. 58–70. URL: <http://mvis.mip.com.ua/article/view/119131>
39. Рябовол Я. С. Теоретичне обґрунтування систем гібридизації і створення вихідного матеріалу в селекції зернових культур. Автореф. дис. на здобуття наукового ступеня доктор наук. Умань, 2020.
40. Дицьо О. В. Перезимівля сортів жита озимого в умовах Західного Лісостепу. *Актуальні проблеми агропромислового виробництва України*. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених (с. Оброшино, 12 листоп. 2015 р.). Львів, Оброшино, 2015. С. 14–15.

## РОЗДІЛ 6

### СТВОРЕННЯ ТА АПРОБАЦІЯ СИНТЕТИЧНОЇ ПОПУЛЯЦІЇ 23/5 ЖИТА ОЗИМОГО

Найперспективнішим напрямом у селекції перехреснозапильних культур є використання явища гетерозису, який зумовлюється взаємодією алельних і неалельних генів під час схрещування двох та більше генетично віддалених генотипів. Реалізація гетерозисного ефекту можлива за створення гібридів першого покоління ( $F_1$ ) на основі поєднання генетичної інформації двох вихідних компонентів, а також за формування синтетичних гібридних популяцій із використанням гетерозису впродовж кількох поколінь посілів.

Перший спосіб у практичній селекції обмежується біологічними особливостями цвітіння, запилення та запліднення рослин. Водночас саме за цього методу досягається найвищий рівень прояву гетерозису, оскільки процес запилення є контрольованим, а збереження генотипів батьківських компонентів забезпечується їх штучним відтворенням [1].

Разом із тим, за окремих економічних або еколого-географічних умов доцільним є створення синтетичних сортів сільськогосподарських культур, що дає змогу поєднати відносно високий рівень продуктивності із спрощеною технологією насінництва. Селекційні програми жита, що спрямовано на створення синтетичних сортів перехреснозапильних рослин за використання гетерозису базуються на доборі цінних за комбінаційною здатністю генотипів. Сорт-синтетик – це штучно створена генетична структура, що періодично оновлюється. Вона складається з компонентів, які за тривалого селекційного процесу поліпшуються за якісними ознаками [1, 2, 3, 4].

Сорт-синтетик або синтетичний сорт – це комбінація низки інбредних ліній, отриманих за схрещування сибсів, клонів або інших популяцій перехреснозапильних культур. Компоненти, що утворюють цю комбінацію, мають наступні особливості та процеси:

- висока комбінаційна здатність;
- збереження та розмноження для майбутніх синтезів сорту;

- проведення гібридизації для об'єднання матеріалу за випадкової рекомбінації генів [3, 5].

Вихідними компонентами синтетичного сорту можуть слугувати родини сибсів або напівсібсів, клони, інбредні лінії або інші матеріали, що можна зберегти та в майбутньому отримати генетично сталу форму [2, 3, 5].

Компонентами синтетичного сорту зручно використовувати інбредні лінії, адже їх легко зберігати та відтворювати. Коли самозапилення отримати складно, можна використовувати лінії від схрещування сибсів. У багаторічних культур компонентами можуть слугувати клони. Іноді комбінують гібриди, що походять частково або повністю від ліній або клонів. Компонентами також можуть слугувати комбінації ліній, клонів і гібридів [4, 5].

Комбінаційну здатність визначають різними методами, що залежить від виду рослин. За створення сортів-синтетиків загальна комбінаційна здатність, зазвичай, цінніша ніж специфічна комбінаційна здатність, адже синтетичний сорт складається з декількох компонентів, кожен з яких повинен оптимально комбінуватися з усіма іншими генотипами моделі. Комплексні схрещування для оцінки ефекту СКЗ не обов'язкові, оскільки дисперсія СКЗ визначає лише незначну частину генетичної диференціації серед батьківського матеріалу сорту-синтетика. Для синтетичних сортів необхідно щоб комбінаційна здатність фіксувалась не лише у *syn-1* і *syn-2*, а й у наступних поколіннях [5].

За потреби, створений синтетичний сорт необхідно мати можливість відтворити. Тому доцільно зберігати компоненти сорту чистолінійно [4, 5].

Передбачається, що складові компоненти синтетичного сорту схрещуються випадково і вносять рівну частку насіння у фонд наступного покоління нащадків. Оскільки синтетик містить суміш низки генотипів, він може змінюватися за впливу чинників добору.

За отримання синтетичного сорту, сукупність його компонентів позначають символом *syn-0*, перше покоління від випадкового схрещування

компонентів позначають *syn-1*, друге – *syn-2* тощо. Синтетичний сорт призначений для вирощування у виробництві впродовж низки поколінь, зазвичай, номерують *syn-2*, *syn-3*, *syn-4*. Тому врожайність та інші ознаки генотипу різних поколінь надважливі. Висока продуктивність *syn-1* не має значення, якщо наступні покоління мають посередні результати.

Спостерігається, що синтетичним сортом можуть бути прості, подвійні чи трилінійні гібриди.

За аналізу закону Харді-Вейнберга було підкреслено, що в умовах випадкового схрещування генетична рівновага будь-якого окремого локусу збалансовується за одне покоління. У гібридних сортів, одержаних схрещуванням інбредних ліній, фіксується наступне:

- 1), гібридна сила в популяції  $F_2$  зменшується порівняно з  $F_1$ ;
- 2) покоління від  $F_3$  подібні за продуктивністю до  $F_2$ ;
- 3) схрещуванням відповідних гібридів  $F_1$  формуються подвійні гібриди, що можна визначити популяціями *syn-2*, які подібні за продуктивністю до  $F_1$ ;
- 4) з поколіннями подвійні гібриди знижують продуктивність, проте менше ніж прості гібриди. Синтетичні сорти, отримані з інбредних ліній, з точки зору генетики, є популяціями, аналогічні подвійним гібридам, проте складніші за генетичною структурою [2, 5, 6].

Вчений Райт С. у 1922 році вивів формулу для очікуваної продуктивності  $F_2$  синтетичного сорту, створеного з різної кількості інбредних ліній:

$$F_2 = F_1 - (F_1 - P) / n,$$

де  $F_2$  – очікувана продуктивність  $F_2$ ,  $F_1$  – середня продуктивність гібридів  $F_1$  всіх комбінацій інбредних ліній,  $P$  – середня продуктивність інбредних ліній,  $n$  – кількість інбредних ліній [2, 5, 6, 7].

Фактично це рівняння показує, що врожайність другого і наступних поколінь на  $1/n$  є меншою тієї частини врожаю  $F_1$ , що отримано за гетерозису. Отже, продуктивність  $F_2$  і наступних поколінь можна збільшити,

підвищивши врожайність  $F_1$ , батьківських інбредних ліній та/або збільшивши кількість ліній.

Плануючи створення синтетичного сорту, необхідно визначити яка кількість інбредних ліній може дати оптимальні значення  $n$ ,  $P$  і  $F_1$ . Програмування продуктивності  $F_2$  спрощує створення сорту-синтетику, але не замінює апробації його реальної продуктивності [4, 5, 7, 8].

Якщо синтетичний сорт отримано за використання випадкового схрещування окремих інбредних ліній,  $syn-1$  буде сумішшю простих гібридів. Будь-яка рослина популяції матиме зародкову плазму лише від двох інбредних ліній. Лише в  $syn-2$  окрема рослина матиме зародкову плазму від загальної кількості ліній.

Отримати посівний матеріал для тестового схрещування можна за вирощування кандидатів батьківських компонентів сорту-синтетика на ізольованих ділянках із надмірною кількістю пилку тестера.

### **6.1 Створення синтетичної популяції жита озимого 23/5**

У наших дослідженнях, з метою створення та ідентифікації відновлювачів фертильності і формування нових ліній-тестерів з комплексом господарсько цінних ознак за оцінки загальної і специфічної комбінаційної здатності, було використано різноманітний селекційний матеріал. Зокрема, залучали сорти жита озимого Хлібне, Хасто, Дозор, Боротьба, Харківське 98, раніше створені інбредні лінії 118-1, 114-7, 1214-5, 1292-4, а також гібриди іноземної селекції – Palazzo, Quttino, Barazetto.

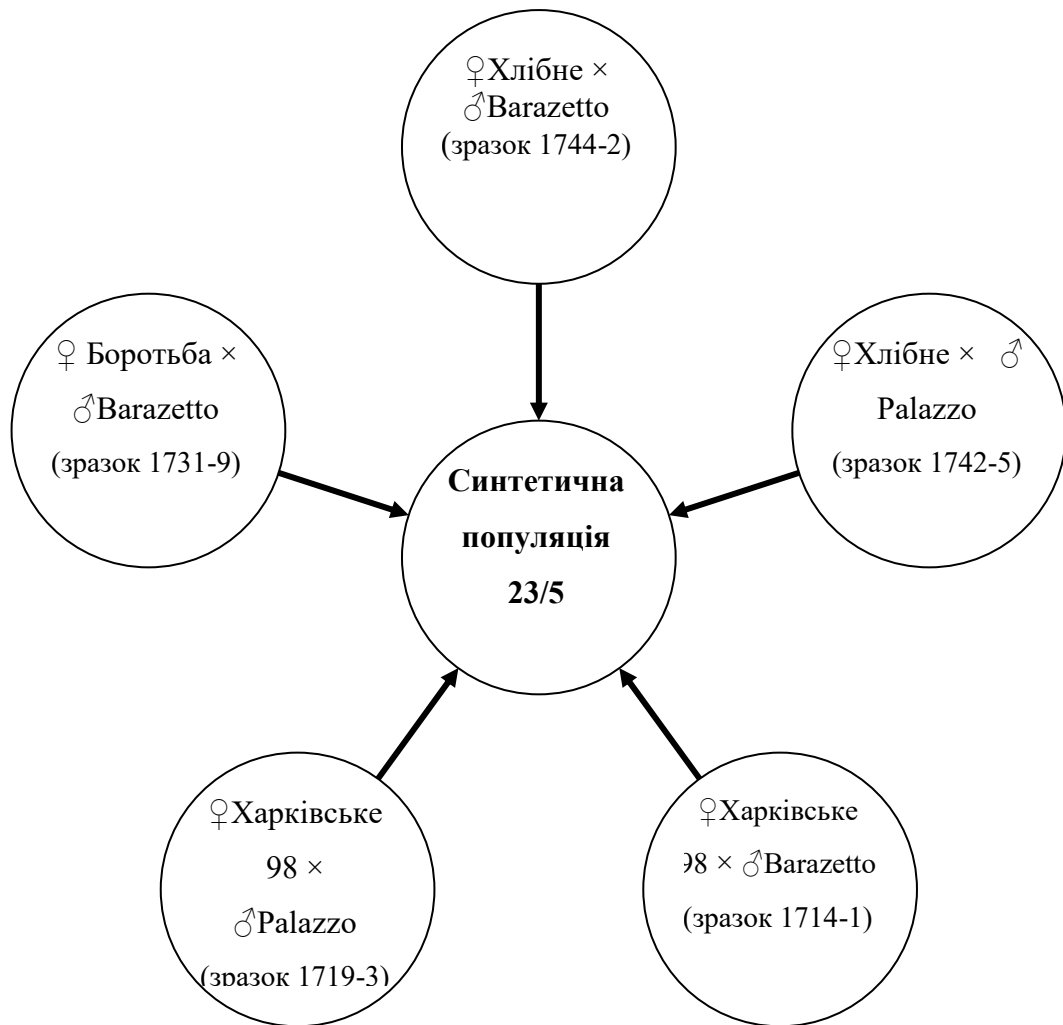
У результаті гібридизації сортів і ліній із гібридами  $F_1$  отримали понад 150 ліній-кандидатів у відновлювачі фертильності, що проаналізовано за основними фенотиповими показниками продуктивності та морфоструктури. Проведено тестові схрещування для оцінки ЗКЗ і СКЗ за гібридизації ліній зі стерильними формами та визначення закріплювальної та відновлювальної здатності вихідного матеріалу і створених гібридів  $F_1$  жита озимого.

За результатами апробації виділено 15 зразків жита озимого, що істотно вирізнялися за рівнем продуктивності та стійкістю до основних хвороб. Усі відібрані лінії отримано за гібридизації сортів Боротьба, Синтетик 38, Хлібне (материнські форми) з гібридами Varazetto F<sub>1</sub>, Palazzo F<sub>1</sub> (батьківська форма). Серед створених матеріалів виділено п'ять ліній, що відповідали заданим селекційним критеріям: висота рослин – до 101 см, маса 100 насінин – понад 3,0 г, маса зерна з колосу — понад 1,5 г, продуктивна кущистість – не менше шести стебел на рослину.

Окрім високих показників продуктивності, зазначені зразки вирізнялися підвищеним рівнем загальної та, частково, специфічної комбінаційної здатності. Стійкість до найпоширеніших і найшкодочинніших хвороб у відібраних ліній була вищою середнього рівня.

Після ізольованого розмноження відібрані лінії об'єднано в синтетичну популяцію та висіяно на ізольованій ділянці для забезпечення панміктичного перезапилення.

У селекційному процесі жита озимого за створення гібридів основним є добір батьківських компонентів із високою комбінаційною здатністю. У зв'язку з цим створені лінії, у яких батьківським компонентом використовували гібрид, також характеризувалися високими показниками комбінаційної здатності. За материнську форму, використано вітчизняний селекційний матеріал, що вирізнявся високим рівнем адаптивності, екологічної пластичності та пристосування до ґрунтово-кліматичних умов Правобережного Лісостепу України, натомість батьківськими компонентами слугували гібриди іноземної селекції, залучені донорами генів високої продуктивності та інтенсивного типу розвитку. У результаті їх панміксії отримано селекційний матеріал з вираженим гетерозисним ефектом (рис. 6.1). Насіння відібраних рослин також було об'єднано в синтетичну популяцію для забезпечення панміктичного перезапилення.



*Рис. 6.1* Схема розведення синтетичної популяції 23/5

Отже, за добору ліній-кандидатів у відновлювані фертильності жита озимого одночасно створено синтетичну гібридну популяцію 23/5, що вирізнялась високою врожайністю, стійкістю до низки біотичних та абіотичних чинників і однорідністю за періодами онтогенетичного розвитку рослин.

## 6.2 Агробіологічний потенціал синтетичної популяції 23/5

Як зазначалось, основним завданням селекції жита озимого є реалізація цільових селекційних програм зі створення сортів і гібридів зернового

напрямку використання. Це передбачає ідентифікацію та добір генотипів інтенсивного типу, що характеризуються потенційною врожайністю зерна на рівні 7,0–9,0 т/га, оптимальною висотою рослин 70–100 см, кількістю зерен у колосі 70–80 шт., масою 1000 насінин 35–45 г, вмістом білка в зерні до 14 % та високим рівнем комплексної стійкості до найшкодочинніших збудників хвороб. Конкретизація селекційних завдань зумовлюється ґрунтово-кліматичними умовами зони вирощування та агроекологічною специфікою регіону [9, 10].

За створення високопродуктивних сортів-синтетиків жита озимого, доцільним є залучення інбредних ліній, виділених із вихідного матеріалу – донорів генів господарсько цінних ознак, а також популяцій різного генетичного походження. Такі лінії проходять тривалий цикл спрямованого інбридингу та селекційного добору за основними морфологічними і продуктивними ознаками, що забезпечує ефективність гібридних комбінацій [9–11].

За проведення апробації створеного сорту-синтетика 23/5 за основними показниками продуктивності, стійкості до вилягання і хвороб стандартом обрано сорт-синтетик Хлібне. Аналізували також сорт-синтетик Сіріус та гібриди іноземної селекції – Palazzo і Barazetto, що вирізняються високою врожайністю (табл. 6.1). Схема досліду – латинський квадрат (рис. 6.2).

Середня урожайність сорту-стандарту Хлібне становила 5,9 т/га. Істотно вищу урожайність зафіксовано у сорту-синтетика Сіріус – 6,3 т/га, що на 0,4 т/га або 6,8 % перевищувало показник стандарту. Урожайність створеного сорту-синтетика 23/5 склала в середньому 6,6 т/га, що на 0,7 т/га або на 11,9 % перевищувало контрольний варіант та на 4,8 % – сорт-синтетик Сіріус.

**Аналіз урожайності зразків жита озимого за апробації  
сорту-синтетика 23/5, 2023–2025 рр.**

Зразок (сорт-синтетик, гібрид)	Середня врожайність, кг/ділянку*	Урожай- ність, т/га	Коефіцієнт варіації за роками, %	Відхилення до стандарту	
				т/га	%
Хлібне (контроль)	2,36	5,9	5,1	–	–
Сіріус	2,52	6,3	7,8	0,4	6,8
Сорт-синтетик 23/5	2,64	6,6	6,4	0,7	11,9
Palazzo	2,72	6,8	4,9	0,9	15,3
Varassetto	2,81	7,0	5,5	1,1	18,6
<i>НІР</i> <sub>05</sub>	0,08	0,2			

\*Примітка. Площа облікової ділянки 4 м<sup>2</sup>.

1	2	3	4	5	1 – Хлібне (контроль);
3	5	4	1	2	2 – Сіріус;
4	3	2	5	1	3 – Синтетик 23/5;
5	4	1	2	3	4 – Palazzo;
2	1	5	3	4	5 – Varassetto.

**Рис. 6.2 Схеми розміщення зразків на дослідних ділянках за апробації  
сорту-синтетика 23/5, 2023–2025 рр.**

Найвищу врожайність за дослідом зафіксовано у гібрида Varassetto. Вона на 18,6 % перевищувала показник сорту-стандарту Хлібне та на 6,0 % – створеного сорту-синтетика 23/5. Неістотно вищу врожайність порівняно зі створеним матеріалом зафіксовано у гібриду Palazzo, відповідно, 6,8 т/га, що лише на 3,0 % вище ніж у зразка 23/5. Слід також відмітити, що коефіцієнти варіації за дослідом фіксувались у діапазоні 4,9–7,8 %, що підтверджує достовірність отриманих результатів.

Проведено аналіз елементів продуктивності за основними фенотиповими показниками (табл. 6.2).

Таблиця 6.2

**Аналіз елементів структури врожаю зразків жита озимого за апробації сорту-синтетика 23/5, 2023-2025 рр.**

Зразок (сорт-синтетик, гібрид)	Фенотипові кількісні ознаки									
	Висота рослин, см	Продуктивна кущистість, шт.стебел/рос.	Довжина колосу, см.	Кількість квіток у колосі, шт.	Кількість зерен у колосі, шт.	Озерненість колосу, %.	Цільність колосу, шт./см	Маса зерна з колосу, г.	Маса зерна з рослини, г	Маса 1000 насінин, г.
Хлібне	93±4	8,1± 1,0	9,3± 0,9	56,7± 2,7	40,1± 1,9	70,1± 1,5	4,3±0,1	1,5±0,1	12,2± 1,2	36,3±0,1
Сіріус	102±5	9,2±1,5	10,5±1,2	54,2± 2,5	42,2± 1,7	77,9± 2,0	4,0±0,1	1,6±0,1	14,7±1,1	37,3±0,2
Сорт- синтетик 23/5	96±4	9,5±1,2	10,2±0,8	64,6±1,9	53,5±1,6	82,8±1,8	5,3±0,2	2,0±0,1	19,0±2,2	37,0±0,3
Palazzo	100±5	10,2±0,8	11,3±0,5	77,6±2,9	67,7±2,7	87,2±1	6,0±0,1	2,2±0,1	22,4±1,1	31,7±0,2
Barazetto	105±4	10,8±1,3	12,4±0,4	84,7±2,3	74,4±1,8	87,8±2	6,0±0,1	2,3±0,1	24,8 ±1,7	31,2±0,1
<i>HIP</i> <sub>05</sub>	5,0	1,1	0,4	2,8	2,5	2,0	0,1	0,1	0,7	0,4

За висотою рослин створений зразок 23/5 відноситься до низькостеблових форм з домінантною короткостебловістю. Середню висоту стеблистою зафіксовано на рівні 96±4 см, що не істотно на 3 см нижче за показник сорту-стандарту, на 6 см в середньому нижче висоти рослин сорту Сіріус та 4 см і 9 см, відповідно, – гібридів Palazzo та Barazetto.

За кількістю продуктивних стебел на рослину зразок 23/5 мав найвищий показник серед сортів-синтетиків – 9,5 стебел, що на 17,2 % перевищував показник сорту-стандарту Хлібне (8,1 шт. стебел на рослину), і на 3,2 % вище, аніж показник сорту Сіріус. Продуктивна кущистість гібридів Palazzo та Barazetto була вищою – 10,2 і 10,8 шт продуктивних пагонів відповідно (рис. 6.3).

Довжина колосу – є генетично зумовлений чинник. Вона може неістотно змінюватись під дією умов навколишнього природного

середовища. Найвищий показник зафіксовано у гібриду Varasetto (12,4 см). У створеного зразка 23/5 довжину суцвіття фіксували в середньому на рівні 10,2 см. Вцілому ознака за роками була маломінливою (рис. 6.4).



**Рис. 6.3** Кущистість рослин синтерічної популяції 24/5  
за розрідженого посіву



**Рис. 6.4** Колос рослин синтерічної популяції 24/5

Кількість квіток і зерен у колосі та озерненість колосу – важливі показники продуктивності суцвіття, а відповідно рослини і генотипу вцілому. Сучасні методи селекції жита спрямовано на збільшення кількості квіток у

колосі, разом з одночасним підвищенням його озерненості, що є одним із способів підвищення продуктивності рослини. Найбільшу кількість квіток і зерен у колосі, а також найвищий відсоток його озерненості мали рослини гібриду Barasetto. За кількістю квіток у колосі створений зразок 23/5 на 31,1 % поступався гібриду, проте на 13,9 % перевищував стандарт. Найнижчу кількість квіток у колосі формували рослини сорту Сіріус (54,2 шт.). Кількість зерен у колосі створеного зразка була на рівні 53,5 шт., що на 33,4 % вище ніж у сорту-стандарту Хлібне, проте на 39,1 % нижче ніж у найпродуктивнішого гібриду Barasetto. Озерненість колосу сорту-синтетика 23/5, що залежить від попередніх показників, склала 82,8 %. Вона на 18,1 % перевищувала показник сорту Хлібне, проте на 6,0 % поступалася рослинам гібриду Barasetto.

Щільність колосу істотно впливає на продуктивність, адже від структури суцвіття залежить ураженість грибковими хворобами. Суцвіття не повинно бути надто щільним, бо це може призвести до підвищення ймовірності ураження хворобами за надмірної кількості опадів на останніх етапах онтогенезу. Якщо суцвіття низької щільності – фіксують низьку продуктивність рослини. Найвищим цей показник був у гібридів Palazzo і Barasetto – 6 шт. колосків на один сантиметр колосу. У рослин зразка 23/5 щільність сіцвіття була на рівні 5,3 шт. колосків/см, що суттєво перевищувало показники контрольного варіанту (4,3 шт. колосків/см колосу) і сорту-синтетика Сіріус (4 шт. колосків/см колосу).

Маса зерна з колосу – це інтегральна ознака, що визначається кількістю зерен у колосі і масою однієї насінини. У зернових колосових культур проводиться селекція на збільшення цього показника. В нашому досліді маса зерна з колосу варіювала у межах від 1,5 г до 2,3 г. Найменшу масу зерна з колосу зафіксовано у сорту-стандарту Хлібне – 1,5 г, найбільшу – в гібриду Barasetto – 2,3 г, що на 53,3 % перевищувало стандарт. У зразка 23/5 середнє значення за цією ознакою було на рівні 2,0 г, що на 33,3 % перевищило

значення контрольного варіанту, проте на 15 % поступалось гібриду Barasetto.

Маса зерна з рослини – інтегральна величина, що зумовлюється масою зерна з колосу і кількістю продуктивних стебел. Найбільша маса зерна з рослини зафіксована у гібридів Barasetto (24,8 г) та Palazzo (22,4 г). У створеного сорту-синтетика 23/5 вона була істотно нижчою і склала 19,0 г, проте на 55,7 % вищою аніж показник сорту-стандарту Хлібне і на 29,3 %, відносно, сорту Сіріус.

Маса 1000 насінин у середньому за роками досліджень була вищою у сортів-синтетиків порівняно з гібридами. Це зумовлено більшою щільністю колосу в гібридів, адже маса 1000 насінин і щільність колосу мають обернено пропорційну залежність. Найвищою масою тисячі зерен вирізнялись рослини сорту Сіріус (37,3 г) і створений зразок 23/5 (37,0 г). Найнижчі дані зафіксовано у гібридів Barasetto (31,2 г) і Palazzo (31,7 г).

Отже, у результаті проведених досліджень зі створення та добору батьківських компонентів гібридів жита озимого отримано синтетичну популяцію 23/5, що має наступні характеристики: сорт-синтетик зернового напрямку, диплоїдний ( $2n=14$ ), низькостебловий. Тип розвитку – озимий. Форма куща – прямостояча, продуктивна кущистість – 9,5 шт. стебел на рослину. Прапорцевий листок – середньої довжини та ширини. Середня довжина колосу – 9,5 см. Суцвіття – середньощільне з вертикальним розміщенням у просторі. Зернівка опукла, середньої довжини. Маса 1000 насінин – 37,0 г. Середня урожайність за роки випробування (2023–2025 рр.) у зоні Правобережного Лісостепу склала 7,1 т/га.

### **6.3 Аналіз господарсько-цінних ознак синтетичної популяції 23/5**

Для сучасного агровиробництва сорти-синтетики жита рекомендовано для областей, де врожайність культури низька і прибуток не окупує вартість отримання гібридного насіння. Окрім того, слід зауважити, що в

Україні роботу зі створення нових гібридів жита ще тільки розпочато, а це є тривалим і затратним проектом. Натомість сорти-синтетики жита озимого можна отримати з відселектованих батьківських форм гібридів і вирощувати впродовж декількох років поспіль, що в умовах сучасної геополітичної ситуації сприяє значній економії коштів агровиробниками і є порятунком у випадку неможливості або невчасної поставки посівного матеріалу [19–24].

Нині, короткостеблові сорти-синтетики і гібриди  $F_1$  жита озимого за дотримання рекомендованих агротехнічних умов вирощування формують стабільні високі врожаї. Селекційне підвищення продуктивності вимагає зниження висоти стеблостою на генетичному рівні для ефективного перерозподілу асимілянтів на користь зерна. Інтенсивні сорти-синтетики з урожайністю 7,0–10,0 т/га – це цілком реальне завдання. Такий рівень урожайності можна отримати за продуктивної густоти рослин 400–500 шт/м<sup>2</sup> та маси зерна з колосу 1,6–2 г. Стійкість рослин жита до вилягання забезпечується висотою стеблостою 80–100 см [19–24].

Впродовж селекційної роботи зі створення та апробації короткостеблових високопродуктивних інбредних ліній жита озимого, що використовуються батьківськими компонентами (лініями-відновлювачами фертильності) за отримання гібридів, було виділено низку ліній з високою загальною комбінаційною здатністю, після перезапилення яких, створено синтетичну популяцію 23/5.

Метою роботи була апробація синтетичної популяції жита озимого 23/5, створеної за панміксії ліній-відновлювачів фертильностей з високою ЗКЗ, за комплексом господарсько-цінних ознак.

Аналіз створеної синтетичної популяції за комплексом господарсько-цінних ознак було проведено впродовж 2023–2025 років на дослідних ділянках кафедри генетики, селекції рослин та біотехнології Уманського НУ. Площа облікової ділянки 10 м<sup>2</sup>. Норма висіву – 3,0 млн/га схожих насінин. Повторність – триразова. Облік структури врожаю проводили за вибіркою 50 рослин [25].

За дослідом, середня висота рослин популяції 23/5 становила 96 см (табл. 6.3). Амплітуда варіювання за висотою склала 79–111 см. Зафіксовано типовий характер розподілу цієї ознаки, зі слабо вираженим ексцесом (ущільненням розподілу варіантів навколо середнього значення). Коефіцієнт варіації за висотою стеблостою був середнім і склав 10,6. Ця фенотипічна різноманітність абсолютно типова для синтетичних популяцій жита озимого, що свідчить про складну генетичну природу цієї ознаки.

Таблиця 6.3

**Оцінка елементів структури врожаю синтетичної популяції 23/5,  
2023-2025 рр.**

Ознака	X	C.V.	lim
Висота рослин, см	96,3±4	10,6±1,1	79,5–111
Продуктивна кущистість, шт./рос.	9,5±1,2	6,7±0,3	7–18
Довжина колосу, см.	10,2±0,8	4,8±0,5	8,8–13,1
Кількість квіток у колосі, шт.	64,6±4,9	12,4±3,2	51–82
Кількість зерен у колосі, шт.	53,5±2,6	10,8±2,7	33–70
Озерненість колосу, %.	82,8±1,8	12,9±2,4	67,1–96,7
Щільність колосу, шт./см	5,3±0,2	7,3±0,7	3,2–6,1
Маса зерна з колосу, г.	2,0±0,1	9,7±1,8	1,4–3,1
Маса зерна з рослини, г	19,0±2,2	13,6±3	13,7–26,2
Маса 1000 насінин, г.	37,0±0,3	10,4±0,6	30,4–44,4

Продуктивна кущистість впродовж осіннього періоду вегетації рослин популяції 23/5 не відрізнялись від інших короткостеблових генотипів жита озимого, зокрема, сорту Сіріус. У весняний період ріст рослин був повільним, проте з інтенсивним кущенням (9,5 см). Колос з листкової піхви виходив з добре вираженою підколосовою основою. При розрідженому посіві окремі рослини популяції здатні утворювати до 20 стебел. Зниження стеблостою відбувається за рахунок скорочення всіх п'яти міжвузлів. Листки видовжені, прямі, потовщені, з густим восковим нальотом. Продуктивна кущистість рослин популяцій – ознака середньоваріабельна (6,7 шт. стебел/рослину). Використовуючи зразок у спрямованих схрещувань можна

отримати середню варіабельність за ознакою у нащадків, що дає змогу отримати варіабельність агроценозу.

Середня довжина колосу рослин популяції 23/5 була на рівні 10,5 см. Варіювання за довжиною колосу відбувалося згідно нормального розподілу із похибкою в межах  $\pm 0,8$  см. Коефіцієнт варіації невисокий ( $=4,8$ ), що сприяє отриманню стабільних показників за ознакою у нащадків.

Середнє число квіток у колосі рослин зразка фіксували на рівні 64,6 шт. Коефіцієнт варіації ознаки був середнім з амплітудою варіювання  $\text{lim} = 51-82$ , що свідчить про високий потенціал можливостей добору за цією ознакою.

Кількість зерен у колосі жита озимого залежить не лише від генетичних чинників, а ще й істотно від впливу мінливих чинників навколишнього природного середовища під час онтогенезу і, насамперед, в період запилення та запліднення. Зокрема дощі і зниження температури під час квітування жита істотно зменшує фертильність пилку. Коефіцієнт варіації за дослідом створеної популяції фіксувався на межі слабкої і середньої мінливості ( $=10,8$ ), але розподіл варіантів не виходив за межі трьох стандартних відхилень. Амплітуда варіювання склала  $\text{lim} = 33-70$ , що свідчить про високий потенціал можливостей добору за цією ознакою.

Озерненість колосу – фіксували в межах  $82,8 \pm 1,8$  % з середнім варіюванням ознаки 12,9. Розподіл ознаки проявив негативну асиметричність, що не виходило за межі трьох стандартних відхилень. У популяціях зустрічались генотипи з озерненістю 67,1 % і 96,7 %.

Щільність колосу не відноситься до ознак визначення структури врожаю жита озимого, але суттєво опосередковано впливає на кількість квіток, зерен і озерненість колосу. Окрім того щільність колосу впливає на ураженість хворобами. У рослин популяції 23/5 середню щільність колосу фіксували на рівні 5,3. Коефіцієнт варіації – середній, 7,3. Амплітуда варіювання ( $\text{lim} = 3,2-6,1$ ) свідчить про високий потенціал можливостей добору за цією ознакою.

Середня маса зерна з колосу була на рівні 2,0 г. Амплітуда варіювання  $\lim = 1,4-3,1$ , що свідчить про доцільність добору за ознакою при спрямованій селекції. Розподіл варіантів за масою зерна з колосу носить характер кривої з негативною асиметрією. Коефіцієнт варіації свідчить про можливість добору генотипів з високою масою зерна з колосу.

За селекційного процесу необхідно зважати на те, що кращими генотипами можуть бути рослини, на які істотно вплинули оптимальні умови середовища, або вони є результатом гетерозисного ефекту, який у наступному поколінні може зникнути. Тобто кращі за продуктивністю колосу рослини можуть бути оптимальним поєднанням алельних і неалельних генів на фоні мінливих умов середовища [12, 13, 19, 22, 24, 26–28 ].

Середня маса зерна з рослини синтетичної популяції 23/5 становила 19 грам і не поступалась кращим селекційним зразкам. Коефіцієнт варіації ознаки був середнім (13,6). Розподіл варіантів продуктивності рослин за дослідом проявив чітку негативну асиметрію. Подальший добір рослин за фенотипом у наступному поколінні може призвести до непередбачуваних результатів. Вчені стверджують, що цю ознаку необхідно контролювати за нащадками протягом усього періоду селекційного процесу [24, 28].

Середню масу 1000 насінин фіксували на рівні середньостатистичних селекційних зразків (37 г). Коефіцієнт варіювання на межі низького і середнього (10,4) з амплітудою варіювання за дослідом  $\lim = 30,4-44,4$  грам. Цей показник істотно залежить від впливу абіотичних чинників навколишнього природного середовища. Аномальна жара і посуха, що періодично спостерігається в нашому регіоні, особливо під час наливу зерна жита, можуть суттєво знизити показник.

Фази онтогенезу, зокрема, період формування генеративних органів створеної популяції, за періодом часу співпадають з більшістю короткостеблових матеріалів жита озимого, тому не виникає ускладнень у проведенні штучної гібридизації, що сприяє процесу формування та добору нащадків з комплексом господарсько-цінних ознак.

Отже, апробовано синтетичну популяцію жита озимого 23/5, створену за панміксії вихідних батьківських ліній-відновлювачів фертильності, що може слугувати донором генів низки господарсько-цінних ознак, зокрема, короткостебловості, продуктивної кущистості, довжини колосу, кількості та маси зерна з колосу, щільності суцвіття, маси 1000 насінин тощо.

#### **6.4 Апробація синтетичної популяції 23/5 жита озимого за стійкістю до хвороб**

У сортів-синтетиків жита стійкість до хвороб визначається сумарною стійкістю екотипів, що входять до складу популяції. Порівняно з лінійними сортами самозапильних культур у популяції жита вища ймовірність стійкості до біотичних чинників, накопиченої природним добром [15, 16]. Резистентність до хвороб морфотипів можна поліпшити за рекурентного добору (RS) на основі напів-сімей або повних сімей. У гібридів  $F_1$  жита селекція на стійкість до хвороб спрощується завдяки тестовим інбредним лініям, високої генотипової дисперсії між цими лініями і можливості інтрогресії беккросуванням генів цінних господарських ознак. Для ефективного добору стійких зразків, доцільно фіксувати найважливіші популяційні параметри за конкретною ознакою. Виявлено, значну генотипову дисперсію зі стійкості до борошнистої роси та листової іржі, викликаної кількісними та якісними ознаками в популяції [17]. У цьому випадку стійкість може бути ідентифікована тільки за ефекту маскування расо-специфічних генів стійкості, що не проявляються за дії відповідних рас патогенів. На стійкість до кореневої гнилі, генотипова дисперсія є визначеною, але низькою для самозапильних матеріалів [5, 18].

У процесі роботи, проведено оцінку зразка 23/5 жита озимого за комплексною стійкістю до низки біотичних та абіотичних чинників (табл. 6.4). Створений зразок вирізнявся стійкістю до бурої і стеблової іржі та слабкою сприйнятливістю до фузаріозу та борошнистої роси. Підтверджено

його комплексну посухостійкість, стійкість до осипання зерна та вилягання рослин.

Таблиця 6.4

**Оцінка стійкості до окремих біотичних та абіотичних чинників  
навколишнього природного середовища синтетичної популяції 23/5  
жита озимого, 2024–2025рр.**

Показник		Зразок, сорт-синтетик		
		Хлібне (стандарт)	Сіріус	Синтетична популяція 23/5
Стойкість (бал) до,	осипання	9	9	9
	посухи	8	9	9
	вилягання	9	8	8
	септоріозу	7	8	7
	борошнистої роси	6	6	7
	бурої листкової іржі	7	7	8
	стеблової іржі	8	7	9

Впродовж вегетації на рослинах зафіксовано типові ураження борошнистою росою (*Erysiphe graminis*), – листові піхви, листові пластинки та стебла. Прояв хвороби зафіксовано формуванням світлого павутинистого та подушечок борошнистого нальоту. Їх колір змінювався від білого до жовтувато-сірого. Стійкість рослин синтетичної популяції 23/5 до хвороби відмічено на рівні семи балів.

Впродовж онтогенезу фіксували ураження рослин бурюю листковою (*Russinia dispersa*) та стебловою (*Russinia graminis*) іржею. Стійкість до хвороб *Russinia dispersa* та *Russinia graminis* рослин синтетичної популяції 23/5 вцілому фіксували на рівні 8 та 9 балів, відповідно.

Ураження септоріозом (*Septoria tritici* Rob. et Desm.) виявляли на листках, стеблах і колосі рослин. Прояв хвороби фіксували у вигляді світло-жовтих і світло-бурих плям з темним обрамленням. На плямах утворювались чорні дрібні пікніди у вигляді крапок. Листки рослин, що були уражені хворобою, світліли, втрачали хлорофіл і всихали. Вражені стебла буріли,

зморщувались і деформувались. Шкодочинність септоріозу на рослинах жита призводила до формування деформованого не виповненого зерна. Стійкість рослин синтетичної популяції до хвороби фіксували на рівні 7 балів.

Відселектований матеріал вирізнється високою стійкістю до осипання зерна (9 балів), вилягання (8 балів) та посухи (9 балів).

Синтетична популяція 23/5 – зразок зернового напрямку, диплоїдний ( $2n = 14$ ), низькостебловий (96 см). Тип розвитку – озимий. Має прямостоячу форму куща. Продуктивна кущистість за розрідженого посіву – 9,5 шт. стебел на рослину. Зразок має короткий за довжиною колеоптиль, з антоціановим забарвленням. Прапорцевий листок середньої довжини та ширини, піхва – коротка. Колос середньої довжини (10,2 см), нещільний, має прямостояче положенням у просторі та ледь помірний сизий наліт. Стебло під колосом має незначний антоціановий відтінок. Зернівка середньої довжини, видовжена, алейроновий прошарок має світлувате забарвленням. Маса 1000 насінин 37 г. Вирізняється високою стійкістю до вилягання, посухи та осипання. Ураження хворобами – незначне.

У 2026–2027 роках, після розмноження, синтетичну популяцію 23/5 буде передано на Державну науково-технічну експертизу.

Отже, за використання внутрішньовидової гібридизації сортів і промислових гібридів жита озимого вітчизняного та іноземного походження, створено вихідні зразки (кандидати у відновлювачі фертильності), що дало можливість за вільного комбінування генів їх популяцій отримати високопродуктивну синтетичну популяцію 23/5, з високою стійкістю до біотичних та абіотичних чинників навколишнього природного середовища.

## **6.5 Насінництво сортів-синтетиків жита озимого**

На сучасному етапі розвитку насінництва жита озимого відбувається формування нового етапу, зумовленого впровадженням ринкових інновацій, інтенсифікацією глобалізаційних процесів та інтеграцією селекційно-

генетичних розробок у виробничу практику. Ефективність функціонування системи насінництва безпосередньо залежить від стабільності та генетичної цілісності кожної її ланки – від створення вихідного селекційного матеріалу до виробництва комерційного насіння. Підґрунтям існування інноваційно орієнтованої системи насінництва жита озимого є реалізація результатів селекції, генетики та біотехнології у науково-виробничому циклі [9, 30].

Система насінництва жита озимого є ієрархічно організований комплекс етапів, що передбачає створення нових сортів і гібридів на основі цілеспрямованого добору генотипів, їх державне сортовипробування, екологічну оцінку адаптивного потенціалу, первинне та подальше розмноження насіння з контролем рівня генетичної гетерогенності та виробництво кондиційного насіння. Обов'язковими складовими є апробація посівів, спрямована на збереження сортової ідентичності та генетичної чистоти популяцій, і насінневий контроль, що забезпечує оцінку посівних якостей і життєздатності насіння.

Виробництво кондиційного насіння жита озимого ґрунтується на врахуванні генетичної природи сортів і гібридів (популяційна структура, алейна мінливість, рівень гетерозиготності тощо), біологічних особливостей культури як перехреснозапильної рослини, а також взаємодії генотипу та середовища ( $G \times E$ ). Особлива увага приділяється збереженню господарсько-цінних ознак, контролю сегрегаційних процесів і запобіганню небажаного генетичного дрейфу під час насінницького процесу.

Насінництво жита озимого проводять у спеціалізованих паспортизованих господарствах, що забезпечує дотримання просторової ізоляції, регламентів добору та репродукції, необхідних для підтримання стабільності генетичної структури сорту або гібриду. У 2010 році Україна зробила стратегічний крок у напрямку гармонізації національної системи насінництва з міжнародними вимогами, ратифікувавши Конституцію Міжнародної асоціації з контролю за якістю насіння (ISTA) і приєднавшись до схем сортової сертифікації насіння зернових культур ОЕСР.

Запровадження сертифікації насіння за схемами ОЕСР забезпечило уніфікацію критеріїв сортової автентичності, генетичної ідентифікації та якості насінневого матеріалу, що створило передумови для участі України у міжнародному обігу насіння, як генетично ідентифікованого комерційного продукту. Сформована в Україні модель сертифікації суб'єктів насінництва гарантує рівні умови для вітчизняних і зарубіжних селекційно-насінницьких компаній та забезпечує юридичне визнання виробників насіння постачальниками селекційно-цінного матеріалу [22, 23].

Виробництво кондиційного насіння жита озимого в Україні територіально зосереджено у Дніпропетровській, Полтавській, Одеській, Київській і Харківській областях, що зумовлено поєднанням сприятливих агроекологічних умов і наявністю адаптованих генотипів [24, 30]. Натомість у Чернівецькій, Закарпатській та Івано-Франківській областях частка насінневих господарств невелика.

У структурі насінництва жита озимого останніми роками відмічається тенденція до зменшення обсягів виробництва базового насіння за одночасного зростання частки добазового насіння, що свідчить про дисбаланс у системі репродукції та потенційні ризики порушення безперервності відтворення селекційного матеріалу. Частка сертифікованого насіння залишається незначною, а структура виробництва добазового насіння зазнала певних селекційно-організаційних трансформацій. Вочевидь, кожна з генерацій в ланці насінництва повинна бути спрямована і на загальну потребу в насінні зернових господарств і на потребу насінневих господарств, насамперед тих, що займаються сертифікованим насінництвом.

Нині комерційне виробництво гібридного насіння жита вимагає висококваліфікованих способів насінництва. Пилок жита може розноситись вітром на значні дистанції, не втрачаючи життєздатність. Виходячи з цього факту, просторова ізоляція для насінників культури повинна бути не менше 2 км.

Сорт-синтетик – це генетично гетерогенна популяція перехреснозапилної культури, сформована на основі гетерозисної комбінації обмеженої кількості попередньо відібраних компонентів (сібсів, інбредних ліній, клонів або інших селекційно цінних популяцій), що характеризуються високою загальною та специфічною комбінаційною здатністю. За отримання сортів-синтетиків необхідно зважувати на попереднє випробування компонентів на комбінаційну здатність, здатність матеріалів до вільного панміктичного схрещування між собою, збереження вихідних батьківських форм з метою можливого повторного синтезу сорту-синтетика.

Створення сортів-синтетиків передбачає попередню оцінку та добір вихідних компонентів за показниками саме загальної комбінаційної здатності, продуктивності та адаптивності. В результаті панміктичного перезапилення відібраних компонентів формується первинна синтетична популяція, яку позначають *syn-0*. Доведено, що кожен компонент сорту-синтетика робить пропорційний внесок спадкової інформації у генетичний фонд нащадків першого репродукційного покоління (*syn-1*). У наступних поколіннях (*syn-2*, *syn-3*, *syn-4*), що поширені у виробництві, відбувається стабілізація генетичної структури популяції. У зв'язку з цим важливим є аналіз рівня та стабільності прояву гетерозису, а також динаміки основних господарсько-цінних ознак у послідовних поколіннях синтетичної популяції. Висока продуктивність у поколінні *syn-1* не має вирішального значення для виробництва, якщо істотно знижується врожайність та інші показники у нащадків. Для сортів-синтетиків критично важливою є комбінаційна здатність компонентів, що забезпечує стабільний прояв гетерозисного ефекту не лише у *syn-1*, а й у *syn-2* і наступних поколіннях.

Оскільки сорт-синтетик є багатогенотипною популяцією, під впливом чинників природного та штучного добору можливі зміни генетичної структури та варіація показників продуктивності. Водночас, відповідно до закону Харді–Вайнберга, за умов панміктичного перезапилення генетична

рівновага за окремими локусами встановлюється вже протягом першого покоління.

Ефективність селекції сортів-синтетиків жита озимого за використання гетерозису визначається рівнем його прояву, можливістю тривалого репродукування батьківських компонентів без втрати селекційної цінності та технологічною придатністю методу отримання гібридного насіння в промислових масштабах [19–22, 30].

У 1969 році було експериментально доведено переваги формування синтетичних популяцій жита озимого на основі полікросних гібридів. Запропонований метод полікросу передбачає добір генетично цінних компонентів і їх об'єднання у синтетичну популяцію за максимального використання ефекту гетерозису [22, 23].

Доведено, що формування синтетичних популяцій із компонентів, загальна комбінаційна здатність яких попередньо визначена за результатами оцінки полікросних гібридів другого покоління, є ефективнішим порівняно з використанням лише даних оцінки за гібридами  $F_1$ . Такий підхід дає змогу зменшити вплив похибок, що трапляються на початкових етапах селекційних програм гібридів  $F_1$ , і підвищити точність добору компонентів для синтезу популяції.

У процесі тривалої селекційної роботи остаточна ідентифікація перспективних ліній або сибсів здійснюється після завершення оцінки їх потенціалу врожайності в системі сортовипробування. У сформованій генетично новій популяції відбувається накопичення (гомозиготація) сприятливих алелей у поєднанні з їх рекомбінацією, що зумовлює стабілізацію комплексу господарсько-цінних ознак.

Технологія створення сорту-синтетика передбачає закладання ізольованих ділянок за використання резерву насіння ліній або сибсів, що характеризуються цінними селекційними ознаками. До початку цвітіння проводять браковку візуально різнорідних генотипів, після чого залишають морфотипи з високою продуктивною кущистістю, міцним стеблом та

вирівняною морфологією. Після повного досягання відібрані рослини аналізують за комплексом ознак та індивідуально обмолочують.

Подальший добір ґрунтується на аналізі генетико-статистичних параметрів кількісних ознак і здійснюється методом послідовного видалення частини матеріалу з селекційних розсадників за умов просторової ізоляції. На основі результатів кореляційного та дисперсійного аналізів резерв насіння зразків, що мають найвищий рівень прояву господарсько-цінних ознак, залучають до схем топкросу, полікросу або діалельних схрещувань. Для перезапилення використовують оригінальне насіння з резерву кращих зразків. За виявлення у потомстві небажаних для селекційної програми ознак, відповідні компоненти вибраковують ще до фази цвітіння.

Синтетичні популяції відбирають за продуктивністю, рівень яких перевищує комерційні і національні стандарти. Експериментально встановлено, що гетерозисний ефект між двома лініями популяції становить у середньому 3–15 %. За участі трьох ліній гетерозисний ефект зростає до 8,0–15,2 %, а у чотирилійній гібридів – він досягає 12,2–18,7 %.

Водночас, збільшення кількості ліній спорідненого генетичного походження у складі синтетичної популяції *syn-1* понад шість, лише в окремих випадках призводить до істотного підвищення врожайності зерна з одиниці площі. Натомість за використання батьківських компонентів, що походять із генетично віддалених популяцій, гетерозисний ефект, зазвичай, вираженіший і забезпечує вищий рівень продуктивності у поколінні *syn-1*. Встановлено, що збільшення кількості вихідних компонентів різного генетичного походження у складі популяції *syn-1* до 12–15 сприяє підвищенню продуктивності синтетичної популяції.

Нині до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні, внесено низку сортів-синтетиків жита озимого, зокрема, Синтетик 38, Хлібне, Дозор, Богуславка, Воля, Сіріус тощо.

У процесі дослідження, впродовж трьох поколінь (*syn-1–syn-3*) поспіль, проведеного порівняльну оцінку за продуктивністю сортів-синтетиків жита

озимого Хлібне (Національний стандарт України), Сіріус та створеної синтетичної популяції 23/5. Матеріал висівали на ділянках апробації в межах одного поля з просторовою ізоляцією між зразками 2 км. Дослід проводили за триразового повторення з площею облікової ділянки 10 м<sup>2</sup>. (табл. 6.5).

Таблиця 6.5

**Оцінка урожайності (т/га) зразків жита озимого за генераціями,  
2023-2025 рр.**

Зразок, сорт-синтетик	Рік/генерація			Середнє
	2023 (syn-1)	2024 (syn-2)	2025 (syn-3)	
Хлібне	6,1	5,6	6,0	5,9
Сіріус	6,5	6,1	6,4	6,3
Синтетична популяція 23/5	6,7	6,3	6,7	6,6
<i>НІР</i> <sub>05</sub>	0,1	0,1	0,2	–

Встановлено, що за урожайністю покоління syn-1 і syn-3 всіх апробованих сортів синтетиків істотно поміж собою не відрізнялись. Нижчу врожайність зафіксовано в поколінні syn-2. Це пов'язано з критичними умовами вирощування озимих польових культур в 2023–2024 сільськогосподарському році. Посуха і відсутність вологи в осінній період, що змінило термін посіву з оптимального, несприятлива зима з високими позитивними температурами та пізня весна з частими заморозками негативно вплинули на продуктивність жита озимого.

Середня врожайність сорту-синтетика Хлібне фіксували на рівні 5,9 т/га. Істотно вищим цей показник був у сорту-синтетика Сіріус (6,3 т/га) та синтетичної популяції 23/5 (6,6 т/га).

За роками апробації найвищий вміст білка в зерні (11,3 %) відмічено в синтетичної популяції 23/5, дещо нижчий – у сорту-синтетика Сіріус (табл. 6.6, 6.7). Найнижчий вмісту білка в зерні мав сорт-стандарт Хлібне (10,6 %).

**Вміст білка (%) в зерні зразків жита озимого за генераціями,  
2023–2025 рр.**

Зразок, сорт-синтетик	Рік/генерація			Середнє
	2023 (syn-1)	2024 (syn-2)	2025 (syn-3)	
Хлібне	10,4	10,9	10,5	10,6
Сіріус	10,7	11,5	10,8	11,0
Синтетична популяція 23/5	11,2	11,7	10,9	11,3
<i>НІР</i> <sub>05</sub>	0,2	0,2	0,1	–

У поколіннях syn-1 і syn-3 отримали відносно вирівняні показники, а у 2024 році (syn-2) вміст білка в зерні, відповідно за генотипами, підвищився на 4,4–7,4 %.

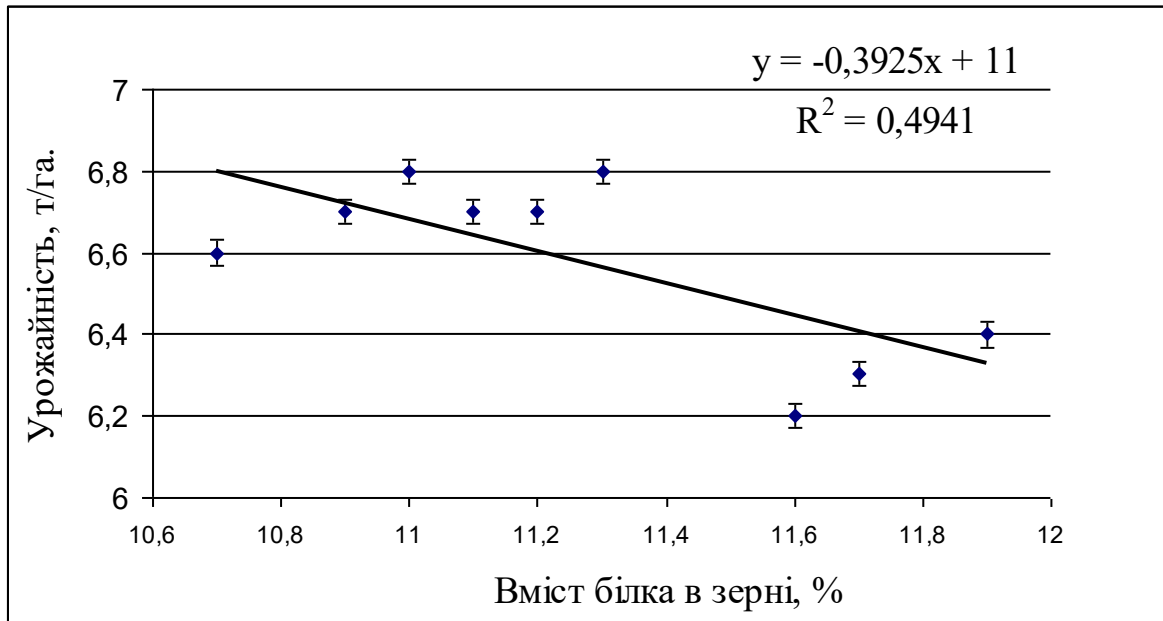
Високу натуру зерна зафіксовано в синтетичній популяції 23/5 (698 г/л) і в сорту-синтетика Сіріус (696 г/л), а істотно нижчою вона була у сорту-синтетика Хлібне (687 г/л) (табл. 6.7).

Таблиця 6.7

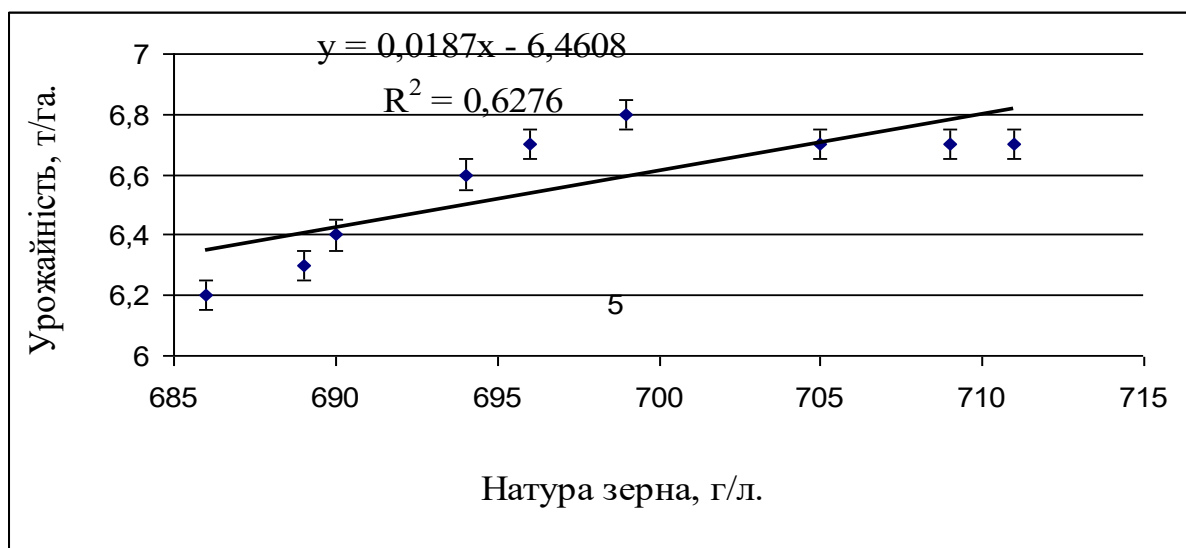
**Натура зерна (г/л) зразків жита озимого за генераціями, 2023–2025 рр.**

Зразок, сорт-синтетик	Рік/генерація			Середнє
	2023 (syn-1)	2024 (syn-2)	2025 (syn-3)	
Хлібне	697	679	685	687
Сіріус	708	688	692	696
Синтетична популяція 23/5	709	689	696	698
<i>НІР</i> <sub>05</sub>	4	7	6	–

За аналізу продуктивності трьох поколінь поспіль синтетичної популяції 23/5 підтверджено, що між врожайністю культури і вмістом білка в зерні існує обернена кореляційна залежність, а між врожайністю і натурою зерна – пряма (рис. 6.5, 6.6).



**Рис. 6.5** Залежність вмісту білка в зерні від урожайності синтетичної популяції 23/5 жита озимого, 2023–2025 рр.



**Рис. 6.6** Залежність показників натури зерна і врожайності синтетичної популяції 23/5 жита озимого, 2023–2025 рр.

Отже, впродовж років апробації сортів-синтетиків Хлібне, Сіріус та синтетичної популяції 23/5, за генераціями (syn-1–syn-3) істотного зниження врожайності та якості зерна не фіксували.

Підтверджено, що за оптимального добору компонентів синтетичної популяції, не зважаючи на тривале репродукування, зразки показують стабільно високу продуктивність. За впливу умов навколишнього природного середовища змінюється, в межах норми реакції, реалізацію генетичного потенціалу популяції. Нівелювати негативні впливи можна за введення компонентами моделі стійких до біотичних та абіотичних чинників середовища генотипів.

### **6.6 Економічна ефективність вирощування сорту-синтетика 23/5 жита озимого**

За розвитку ринкових відносин визначальне значення будь-якого виробництва має економічна складова. Зростання прибутковості за вирощування сільськогосподарських культур досягається підвищенням вартості реалізованої продукції та зниженням її собівартості. Собівартість 1 т зерна, рівень рентабельності вирощування культури та чистий прибуток визначається на основі сукупних виробничих затрат відповідно до типової технології вирощування культури [31].

Зменшення собівартості продукції істотно залежить від рівня дотримання агротехнічних прийомів, впровадження ресурсоощадних технологій, а також використання сортів і гібридів, стійких до біотичних та абіотичних чинників навколишнього середовища. Застосування окремих елементів технології вирощування дає змогу скоротити витрати та підвищити продуктивність праці.

З метою збільшення валових зборів зерна жита озимого першочерговим завданням є впровадження у виробництво нових високопродуктивних сортів і гібридів культури.

Економічна ефективність виробництва визначається співвідношенням між сумарними затратами праці й обсягом продукції, одержаної за рахунок цих затрат [31]. Основними економічними показниками, що характеризують

ефективність виробництва зерна, є врожайність, валовий збір, собівартість однієї тони продукції, ціна реалізації, чистий прибуток і рівень рентабельності.

За результатами попереднього сортовипробування визначено ефективність вирощування зразків жита озимого.

Таблиця 6.8

**Економічна ефективність вирощування жита озимого, 2025 р.**

Зразки	Урожайність, т/га	Перевищення стандарту за урожайністю, т/га	Матеріально-грошові витрати, грн./га	Собівартість, грн./т	Ціна реалізації грн./т	Вартість валової продукції т/га	Умовно-чистий прибуток грн./га	Рівень рентабельності, %
Хлібне (контроль)	5,9	–	12534,6	2125	7000	41300	28765,4	229,5
Сіріус	6,3	0,4	12450,3	1976	7000	44100	31649,7	254,2
Синтетик 23/5	6,6	0,7	12450,3	1886	7000	46200	33749,7	271,1
Palazzo	6,8	0,9	13154,8	1935	7000	47600	34445,2	261,8
Barassetto	7	1,1	13154,8	1879	7000	49000	35845,2	272,5

Розрахунки економічної ефективності проводили для виробничих посівів категорії еліта. У розрахунках використано середню ціну реалізації зерна жита озимого у 2025 році (7000 грн/т), а виробничі витрати нараховано відповідно до типової технологічної карти вирощування культури в умовах Лісостепу.

Аналіз одержаних показників свідчить про високу економічну ефективність вирощування жита озимого, зокрема сорту-синтетика 23/5, оскільки умовно-чистий прибуток склав 33749,7 грн/га, а рівень рентабельності становив 271,1 %, що перевищує показник сорту-стандарта на 41,1 %.

Підтверджено, що вартість посівного матеріалу гібридів  $F_1$  жита озимого, залежно від виробника і оригінатора, вища, аніж сортів-синтетиків. Нині вітчизняний агровиробник обмежений ресурсним забезпеченням, тому за сучасних умов у виробництві доцільно вирощувати синтетичні сорти культури.

Отже, результати економічної оцінки свідчать про високу ефективність вирощування жита озимого, що обґрунтовує доцільність селекційного створення та впровадження у виробництво сортів-синтетиків і гетерозисних гібридів культури, адаптованих до ґрунтово-кліматичних умов Правобережного Лісостепу України.

### **Висновки за розділом 6**

1. За інтеграції до селекційного процесу сортів і гібридів жита озимого вітчизняної та зарубіжної селекції створено вихідний селекційний матеріал, зокрема, лінії- відновлювачі фертильності з високою загальною комбінаційною здатністю за показниками продуктивності. Це забезпечило ефективну рекомбінацію генетичного матеріалу в межах популяції та створило передумови для формування високопродуктивної синтетичної популяції 23/5 (урожайність – 6,6 т/га, вміст білка в зерні – 11,3 %).
2. Встановлено, що за оптимального добору компонентів синтетичної популяції 23/5, незалежно від тривалості її репродукування, матеріал характеризується стабільно високим рівнем продуктивності. Під впливом факторів навколишнього природного середовища спостерігається варіабельність реалізації генетичного потенціалу цієї популяції в межах норми реакції. Негативний вплив біотичних і абіотичних чинників може бути нівельований при залученні до складу синтетичної популяції генотипів, стійких до стресових умов вирощування, що забезпечує підвищення адаптивності та стабільності прояву господарсько цінних ознак.

3. Створені селекційні матеріали (1714-1, 1719-3, 1731-9, 1742-5, 1744-2) доцільно використовувати в схемах гібридизації донором генів і алельних варіантів цінних господарських ознак, що сприятиме отриманню нового вихідного селекційного матеріалу та високопродуктивних сортів і гібридів культури.
4. Результати економічного аналізу підтверджують високий рівень рентабельності (229–272 %) вирощування жита озимого, що науково обґрунтовує доцільність створення та впровадження у сільськогосподарське виробництво сортів-синтетиків і гетерозисних гібридів культури, адаптованих до ґрунтово-кліматичних умов Правобережного Лісостепу України.

За матеріалами розділу опубліковано одну наукову працю [32].

#### СПИСОК ДЖЕРЕЛ ЛІТЕРАТУРИ ДО РОЗДІЛУ 6

1. Ніколайчук В. І., Лядвенець (Lotus L.): біологія, генетика, екологія. Ужгород, 2002. 208 с.
2. Скорик, В. В. Генетичне вдосконалення методів селекції озимого жита (*Secale cereale* L.): автореф. дисс. на здобуття наук, ступня докт. с.-г. наук спец. 06.01.05. – Селекція рослин. В. В. Скорик. Київ, 1994. 25 с.
3. Briggs F. N., Knowles P. F. Introduction to plant breeding. Reinhold Publishing Corporation. New York, 1967. 397 p.
4. Geiger H. H., Miedaner T. Rye breeding: past, present and future. Plant Breeding. 2023. № 142(2). P. 123–137. <https://doi.org/10.1111/pbr.13102>
5. Marcelo J. Carena Cereals. (2009). Handbook for plant breeding. Springer Science + Business Media. LLC. 425 p.
6. Ruebenbauer T., Wegrzyn S. Effect of heterosis in polycrosstest. Genet. Rol. 1964. № 4. P.18–25.
7. Wright S. (1922). The effects of inbreeding and Cross breeding on Guinea Pigs, U. S. Dept. Agric. Bull. P. 1121.

8. Maracı Ö., Özkan H., Bilgin R. Phylogeny and genetic structure in the genus *Secale*. PLOS ONE, 2018. 13 (7). doi:10.1371/journal.pone.0200825
9. Скорик Вікт. В., Скорик Волод. В., Симоненко Н. В., Скорик О. Г. Синтетичні сорти жита озимого (*Secale cereale* L.). *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. Київ, 2008. № 7. С. 42–49.
10. А. с. 923474. Спосіб отримання гібридного насіння кукурузи. Ф. М. Парий. Опубл. в Б.І. 1982. № 16.
11. Глущенко Л. Т., Дутченко З. Я. Порівняльна оцінка сортів озимого жита з урахуванням попередника та норм висіву. *Вісник Сумського НАУ*, 2012. № 2 (23). С. 146–149.
12. Авраменко С., Цихмейструк М., Глибокий О., Шелекін В. Нові аспекти вирощування жита озимого. *Агробізнес сьогодні*. № 17 (216). 2011. С. 18–21.
13. Єгоров Д. К., Циганко В. А., Дерев'янка В. П., Олійник О. О. Особливості селекції сортів та гібридів озимого жита. *Збірник наукових праць СГІ-НЦНС*. Одеса, 2010. Вип. № 16 (56). С. 104–109.
14. Скорик В. В., Буняк О. І. Нові донори домінантної короткостебловості жита озимого (*Secale cereale* L.). *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. Київ, 2008. № 2 (8). С. 5–11.
15. Geiger H. H., Schumacher A. E., Billenkamp N. Häufigkeiten von vertikalen Resistenzen und Virulenzen im Roggen-Mehltau-Pathosystem. *Vortr. Pflanzenzüchtung*. 1988. № 13. P. 5–17.
16. Mirdita V. Genetische Variation für Resistenz gegen Mutterkorn (*Claviceps purpurea* [Fr.] Tul.) bei selbstinkompatiblen und selbstfertilen Roggenpopulationen. Discussion University, 2006. Hohenheim. Internet resource: <http://www.uni-hohenheim.de/ub/opus/volltexte/2006/148/> (verified Jan 08, 2007).
17. Wilde K., Geiger H. H., Miedaner T. Significance of host complexity and diversity for race-specific leaf-rust resistance in self-fertile synthetic rye populations. *Plant Breed*, 2006. № 125. P. 225–230.

18. Miedaner T., Ludwig W. F., Geiger H. H. Inheritance of foot rot resistance in winter rye. *Crop Sci.* 1995. № 35. P. 388–393.
19. Скорик В. В. Генетичне вдосконалення методів селекції озимого жита. Автореф. дис. на здобуття наукового ступеня доктора наук. Чабани, 1994. 46 с.
20. Скорик В. В. Генетико-статистична характеристика нових різновисоких донорів короткостеблості озимого жита. *Цитологія і генетика*, 2002. № 6. С. 16–20.
21. Скорик В. В. Успадкування кількісних ознак нових донорів домінантної короткостеблості озимого жита. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*, 2008. № 1 (7). С. 29–35.
22. Змієвська О. А. Селекційна цінність ліній-відновлювачів фертильності для створення високогетерозисних гібридів жита озимого. Автореф. дис. на здобуття наукового ступеню кандидата наук. Харків, 2016. 23 с.
23. Рябовол Я. С. Теоретичне обґрунтування систем гібридизації і створення вихідного матеріалу в селекції зернових культур. Автореф. дис. на здобуття наукового ступеня доктор наук. Умань, 2020. 43 с.
24. Рябовол Я. С., Рябовол Л. О. Проблеми та перспективи розвитку селекції гібридного жита в Україні. Матеріали Всеукраїнської наукової конференції молодих вчених присвячена 170-й річниці від дня заснування Уманського національного університету садівництва. Умань, 2014. С. 74–75.
25. Ушкаренко В. О., Вожегова Р. А., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Статистичний аналіз результатів польових дослідів у землеробстві. Херсон: Айлант, 2013. 378 с.
26. Baker K., Koduru S., Babaei S. et al. Precision planting effect on winter rye yield and quality for biofuel and forage production. *Biomass and Bioenergy*, 2024. Vol. 184. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2024.107219>
27. Kastirr U., Wortmann H., Schmiedchen B., Rabenstein F. and Kuhne T. Occurrence of soil-borne viruses in rye and prospects for improving

- resistance to these viruses. In: Proceedings of International Symposium on Rye Breeding & Genetics. 28–30 June 2006. Groß Lusewitz, Germany, 2006. P. 34.
28. Білявська Л. Г., Білявський Ю. В. Сучасний стан насінництва жита озимого в Україні. *Вісник ПДАА*. 2021. № 2. С. 67–73.
  29. Тимошенко О. О. Удосконалення методу і створення вихідного матеріалу сої для селекції на продуктивність: дис.. кандидата с.-г. наук: 06.01.05 – Селекція і насінництво. Чабани, 2016. 225 с.
  30. Скорик В. В., Симоненко Н. В., Третьякова С. О. Вивчення динаміки зміни урожайності зерна жита озимого залежно від покоління вирощування. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2025. Вип. 77 (1). С. 111–121.
  31. Здоровцов О. І., Касьянов Л. І. Економіка сільського господарства. Київ. *Видавництво УСГА*, 1993. 157 с.
  32. Сліденко С. І., Рябовол Я. С. Аналіз господарсько-цінних ознак створеної синтетичної популяції жита озимого. *Збірник наукових праць Уманського НУ*. РВВ Уманського НУ, 2025. Вип. 107. Ч. 1.: Сільськогосподарські науки. С. 109–115. DOI: [10.32782/2415-8240-2025-107-1-109-115](https://doi.org/10.32782/2415-8240-2025-107-1-109-115).

## ВИСНОВКИ

У дисертації обґрунтовано нові регламенти щодо оптимізації контрольованої гібридизації та селекційного добору генетичних донорів за врахування особливостей успадкування ознак і закономірностей мінливості, що сприяє створенню високопродуктивного вихідного матеріалу в селекції сортів-синтетиків і гібридів жита озимого.

1. Розроблено нові селекційні положення отримання вихідного матеріалу жита озимого, що забезпечує інтенсифікацію процесу створення високопродуктивних компонентів гібридизації для ведення гетерозисної селекції на основі цитоплазматичної чоловічої стерильності та створення синтетичних популяцій культури.
2. Підтверджено, що цілеспрямована зміна архітекtonіки рослин у процесі селекційного рекомбіногенезу і добору сприяє формуванню спадково зумовлених морфобіологічних ознак та оптимізації фенотипової й генотипової структури популяцій, що забезпечує підвищення реалізації продуктивного потенціалу рослин жита озимого.
3. Ідентифіковано спадково детерміновані генетичні маркери жита озимого, що доцільно використовувати в системі гетерозисної селекції для оптимізації та спрощення добору компонентів гібридизації. Встановлено, що гени Ln/l<sub>n</sub> «зелені/світлі вузли рослин» і Rp/r<sub>p</sub> «пласка/гофрована поверхня листка» є ефективними морфологічними маркерами для візуальної ідентифікації ознак «стерильність—фертильність» і «гібридність» рослин жита озимого на початкових етапах онтогенезу, що істотно прискорює процес отримання вихідних матеріалів (патенти № 161582, 161581).
4. Підтверджено, що ознаки «зелені/світлі вузли стебла» та «пласка/гофрована поверхня листкової пластинки» мають моногенний характер контролю. Встановлено, що ген Ln/l<sub>n</sub> успадковується за типом

повного домінування, натомість ген Rp/rp, характеризується неповним домінуванням з проявом проміжного фенотипу у гетерозиготних форм.

5. Підтверджено доцільність використання в селекційних схемах донорами генів цінних господарських ознак географічно віддалених форм, зокрема іноземних гібридів, що забезпечило отримання високопродуктивного вихідного матеріалу – ліній-відновлювачів фертильності жита озимого з модифікованою архітектонікою рослини.
6. За результатами оцінювання загальної та специфічної комбінаційної здатності створених ліній-відновлювачів фертильності жита озимого за показниками продуктивності встановлено, що зразки 1705-6, 1712-1, 1730-2, 1740-4, 1741-1, 1753-2, 1754-1 і 1755-2 характеризуються високими ефектами специфічної комбінаційної здатності і можуть використовуватися відновлювачами фертильності в селекційних програмах отримання гетерозисних гібридів, натомість, зразки 1714-1, 1719-3, 1731-9, 1742-5 і 1744-2 вирізняються високою загальною і специфічною комбінаційною здатністю, що обґрунтовує доцільність їх використання батьківськими компонентами за створення гетерозисних гібридів F<sub>1</sub>, а також сортів-синтетиків культури.
7. Отримано тест-кросні гібриди жита озимого, що показали перевагу продуктивності за трьома типами гетерозису. Найрезультативнішими комбінаціями було виділено: ♀1504-3 × ♂1714-1, ♀1504-3 × ♂1719-3, ♀1504-3 × ♂1731-9, ♀1504-3 × ♂1742-5, ♀1504-3 × ♂1744-2, ♀1625-6 × ♂1714-1, ♀1625-6 × ♂1719-3, ♀1625-6 × ♂1730-2, ♀1625-6 × ♂1731-9, ♀1625-6 × ♂1742-5, ♀1625-6 × ♂1744-2, ♀1625-6 × ♂1753-2, ♀1625-6 × ♂1754-1, ♀1625-6 × ♂1755-2. Отримані гібриди істотно перевищували за врожайністю груповий стандарт і будуть використовуватись у селекційних програмах створення гетерозисних гібридів.
8. За рекомбінації генетичного матеріалу ліній-відновлювачів фертильності 1714-1, 1719-3, 1731-9, 1742-5 і 1744-2 в межах популяції створено високопродуктивну синтетичну популяцію 23/5, що

характеризується короткостебловістю – 96 см, довжиною колосу понад 10,0 см, масою 1000 насінин – 37 г, середньою врожайністю – 6,6 т/га, вміст білка в зерні – 11,3 % і високою стійкістю до вилягання, посухи та осипання.

9. Встановлено, що за оптимального добору компонентів синтетичної популяції 23/5, зразок стабільно проявляє високий рівень продуктивності навіть за тривалого репродукування (syn-1–syn-3). Реалізація генетичного потенціалу популяції змінюється під впливом умов навколишнього природного середовища, проте залишається в межах норми реакції. Негативні впливи зовнішніх факторів можна мінімізувати за введення до складу популяції компонентів, стійких до абіотичних і біотичних чинників, що сприяє підвищенню стабільності продуктивних ознак, реалізації потенціалу генотипів та ефективності селекційного процесу.
10. Сформовано генетичну колекцію зразків жита озимого, що можуть використовуватись донорами генів відновлення фертильності (1719-3 (98,3 %), 1744-2 (98,1 %), 1742-5 (97,9 %) і 1714-1 (97,5 %)), маркерних ознак «світлі вузли стебла» (1620-5) і «гофрована поверхня листкової пластинки» (1560-8), високої продуктивної кущистості (1731-9), довжини колосу до 10,0 см (1744-2), що доцільно використовувати за селекційного процесу культури.

**РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ СЕЛЕКЦІЙНОЇ ПРАКТИКИ ТА ВИРОБНИЦТВА**

*Для використання у селекційному процесі рекомендуємо:*

1. Технологічні положення селекційного процесу зі створення вихідного матеріалу жита озимого з програмовано сформованим комплексом господарсько-цінних ознак, високою загальною і специфічною комбінаційною здатністю та придатністю до використання в гетерозисній селекції гібридів  $F_1$  на основі ЦЧС та створення синтетичних популяцій.
2. Виділені лінії-відновлювачі фертильності (1714-1, 1719-3, 1731-9, 1742-5 і 1744-2), що характеризуються загальною і специфічною комбінаційною здатністю та комплексом цінних господарських ознак.
3. Способи селекційно-генетичного контролю прояву цитоплазматичної чоловічої стерильності жита озимого, що забезпечує ідентифікацію ознаки «стерильність–фертильність» материнського компонента за маркерними ознаками до цвітіння рослини (патент № 161582).
4. Способи селекційно-генетичного контролю гібридності рослин жита озимого, що спрощує ідентифікацію гібридного матеріалу за маркерними ознаками та забезпечує добір насіннєвого матеріалу з високим рівнем гетерозиготності, придатного для використання у виробництві (патент № 161581).
5. Колекційні зразки жита озимого – донори генів, відновлення фертильності, закріплення стерильності, короткостебловості, гофрованої листкової пластинки, світлого забарвлення вузлів стебла, високої продуктивної кущистості тощо.

*Для використання в сільськогосподарському виробництві після апробації рекомендуються:*

1. Створені високопродуктивні тест-кросні гібриди  $F_1$  жита.
2. Створена синтетична популяція 23/5 жита озимого.

## ДОДАТКИ

## Додаток А

**Коротка характеристика окремих цінних господарських ознак  
вихідного селекційного матеріалу, використаного в схемах гібридизації.**

Селекційний матеріал (сорт, гібрид)	Оригіатор сорту, країна походження	Окремі цінні господарські ознаки
<b>Жито озиме (<i>Secale cereale</i> L.)</b>		
Palazzo	Німеччина	Гібрид диплоїдний, низькостебловий. Має підвищену стійкість до вилягання і комплексну стійкість до бурі, стеблової іржі та борошнистої роси.
Quttino	Німеччина	Гібрид диплоїдний, середньостебловий. Має стійкість до борошнистої роси і септоріозу та підвищену морозо-, зимостійкість.
Varassetto	Німеччина	Гібрид диплоїдний, середньостебловий високоврожайний. Характеризується комплексною стійкістю до вилягання та осипання.
Синтетик 38	Носівська СДС та МПП	Сорт диплоїдний, середньостебловий середностиглий. Характеризується підвищеною стійкістю до осипання, борошнистої роси та септоріозу. Зимостійкість – висока.
Хлібне	Носівська СДС	Сорт диплоїдний, низькостебловий, середностиглий, високопродуктивний, з високою. Має високу стійкість до вилягання, осипання та морозо-, зимостійкість.
Дозор	Носівська СДС, МПП	Сорт диплоїдний, середньостебловий високопродуктивний. Зимостійкість – висока. Має підвищену стійкість до вилягання та осипання. Низька стійкість до основних хвороб.
Боротьба	Носівська СДС	Сорт диплоїдний, низькостебловий високоврожайний. Має високу стійкість до вилягання та осипання.
Харківське 98	Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва	Сорт диплоїдний, середньостебловий високопластичний. Має підвищену стійкість до вилягання і високу потенційну врожайність.
Первісток F <sub>1</sub>	Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва	Гібрид (перший в Україні та країнах СНД) середньостебловий, високопродуктивний, високо пластичний, з комплексною стійкістю до хвороб.

## Додаток Б

**ПОГОДЖЕНО**  
Ректор Уманського національного  
університету

Олена НЕПОЧАТЕНКО



**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Директор ФГ «Кримяне»,  
Уманського району,  
Черкаської області  
Іван ЛЮБЧЕНКО



## АКТ

## ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ

Замовник – ФГ «Кримяне» Уманського району, Черкаської області в особі директора.

Даним актом стверджується, що результати наукової роботи Сліденка С. І. за темою: «Генетичні основи гетерозисної селекції жита озимого та архітектоніка рослини», виконаної в Уманському національному університеті, впроваджено у ФГ «Кримяне».

**1. Вид впровадження** – зразок жита озимого 23/5 з домінантною короткотекбловістю.

**2. Характеристика масштабів впровадження** – у 2024 р. на площі 2 га.

**3. Новизна результатів науково-дослідної роботи** – встановлено підвищення рівня врожайності на 11 %, стійкість до вилягання на рівні 9 балів.

**4. Економічний ефект** – 2860 грн/га.

**5. Соціальний і науково-технічний ефект** – підвищення врожайності та в зерні вмісту білка, збереження родючості ґрунту, охорона навколишнього природного середовища, раціональне використання коштів та енергоресурсів господарства.

Даний акт участі в фінансових операціях не бере.

Від Уманського національного  
університету відповідальний за  
впровадження аспірант кафедри  
рослинництва

Сергій СЛІДЕНКО

2025

*Сліденко*  
22.05

Від ФГ «Кримяне»,  
Уманського району,  
Черкаської області  
Директор

Іван ЛЮБЧЕНКО



## Додаток В

ПОГОДЖЕНО

Ректор Уманського національного  
університету  
Олена ГРИГОРИВНА ГРИГОРИВНА  
2025

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор ФГ «Поляна лісова»,  
Уманського району,  
Черкаської області  
Володимир СЕРГІЙОВИЧ ГРИГОРИВНА

## АКТ

## ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ

Замовник – ФГ «Поляна лісова» Уманського району, Черкаської області в особі директора.

Даним актом стверджується, що результати наукової роботи Сліденка С. І. за темою: «Генетичні основи гетерозисної селекції жита озимого та архітектоніка рослини», виконаної в Уманському національному університеті, впроваджено у ФГ «Поляна Лісова».

**1. Вид впровадження** – зразок жита озимого 23/5 з домінантною короткотекстовістю.

**2. Характеристика масштабів впровадження** – у 2024 р. на площі 2 га.

**3. Новизна результатів науково-дослідної роботи** – встановлено підвищення рівня врожайності на 12 %, стійкість до вилягання на рівні 9 балів.

**4. Економічний ефект** – 2950 грн/га.


**5. Соціальний і науково-технічний ефект** – підвищення врожайності та вмісту білка в зерні, збереження родючості ґрунту, охорона навколишнього природного середовища, раціональне використання коштів та енергоресурсів господарства.

Даний акт участі в фінансових операціях не бере.

Від Уманського національного  
університету відповідальний за  
впровадження аспірант кафедри  
рослинництва

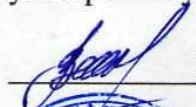
  
Сергій СЛІДЕНКО  
22.05 2025

Від ФГ «Поляна лісова»,  
Уманського району,  
Черкаської області

  
Володимир СЕРГІЙОВИЧ ГРИГОРИВНА  
2025

## Додаток Д

ПОГОДЖЕНО

В. о. ректора Уманського національного  
університетуВладилена СОКИРСЬКА  
2025

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор СТОВ «Урожай»,  
Черкаської областіОлександр КАЧУР  
10.11 2025

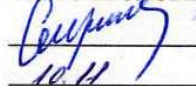
АКТ

## ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ

Замовник – СТОВ «Урожай», Черкаської області в особі директора.

Даним актом стверджується, що результати наукової роботи  
Сліденка С. І. за темою: «Генетичні основи гетерозисної селекції жита  
озимого та архітектоніка рослини», виконаної в Уманському національному  
університеті, впроваджено у СТОВ «Урожай».**1. Вид впровадження** – зразок синтетичної популяції жита озимого  
23/5.**2. Характеристика масштабів впровадження** – у 2025 р. на площі  
2 га.**3. Новизна результатів науково-дослідної роботи** — встановлено  
підвищення рівня врожайності на 27 %.**4. Економічний ефект** – 2510 грн/га.**5. Соціальний і науково-технічний ефект** – підвищення врожайності  
та в зерні вмісту білка, збереження родючості ґрунту, охорона  
навколишнього природного середовища, раціональне використання коштів та  
енергоресурсів господарства.

Даний акт участі в фінансових операціях не бере.

Від Уманського національного  
університету відповідальний за  
впровадження аспірант кафедри  
генетики, селекції рослин  
біотехнології таСергій СЛІДЕНКО  
10.11 2025Від СТОВ «Урожай»,  
Черкаської області  
ДиректорОлександр КАЧУР  
2025

## Додаток Е 1

## Урожайність тест-кросних гібридів жита озимого, 2023-2025 рр.

Лінія, зразок	♀		Середнє	
	♂	1504-3		1625-6
1701-3		9,2	9,5	9,4
1702-5		11	8,4	9,7
1703-2		9,8	9,6	9,7
1705-6		12,5	10,2	11,4
1706-1		10	9,2	9,6
1708-3		10,2	8,4	9,3
1710-2		10,2	9,6	9,9
1711-6		11	10,4	10,7
1712-1		7,6	9,9	8,8
1714-1		11	10,8	10,9
1715-2		11,2	9,8	10,5
1716-3		8	11,2	9,6
1717-4		10	11,0	10,5
1718-2		11	8,2	9,6
1719-3		11,2	10,7	11,0
1721-2		10	11,0	10,5
1722-4		11,4	9,8	10,6
1723-6		10,8	10,2	10,5
1724-2		9,4	10,9	10,2
1726-1		11,4	9,2	10,3
1727-1		10,6	10,4	10,5
1728-2		10,4	10,8	10,6
1729-4		9,6	9,2	9,4
1730-2		9,8	11,8	10,8
1731-9		11,3	10,9	11,1
1733-5		8,8	10,8	9,8
1734-2		9,4	10,0	9,7
1736-6		10	8,6	9,3
1737-1		11,2	10,8	11,0
1738-5		10,4	9,2	9,8
1739-2		9	8,2	8,6
1740-4		11,2	11,8	11,5
1741-1		9,1	12,2	10,7
1742-5		10,7	11,1	10,9
1744-2		10,9	10,6	10,8
1745-7		10,8	9,8	10,3
1746-1		10,2	10,8	10,5
1748-4		8,2	8,4	8,3
1750-2		10,8	8,1	9,5
1752-4		9,6	9,8	9,7
1753-2		11,2	10,8	11,0
1754-1		9,5	9,6	9,6
1755-2		10,7	9,9	10,3
<i>НІР</i> <sub>05</sub>		0,2	0,2	–

## Додаток Е 2

**Рівень прояву гетерозису за врожайністю окремих тест-кросних гібридів жита озимого при використанні материнською формою зразка 1504-3, 2023–2025 рр.**

Лінія, зразок	Гетерозис		
	конкурсний	гіпотетичний	справжній
1701-3	-3,1	6,8	37,0
1702-5	-29,2	-22,0	17,9
1703-2	-32,3	-25,4	-10,2
1705-6	-1,5	8,5	52,4
1706-1	-12,3	-3,4	42,5
1708-3	-40,0	-33,9	-17,0
1710-2	-10,8	-1,7	9,4
1711-6	-4,6	5,1	8,8
1712-1	-7,7	1,7	22,4
1714-1	0,0	10,2	27,5
1715-2	-3,1	6,8	40,0
1716-3	-7,7	1,7	13,2
1717-4	-12,3	-3,4	18,8
1718-2	-4,6	5,1	5,1
1719-3	4,6	15,3	23,6
1721-2	-12,3	-3,4	18,8
1722-4	-1,5	8,5	8,5
1723-6	-6,2	3,4	35,6
1724-2	-16,9	-8,5	8,0
1726-1	-1,5	8,5	33,3
1727-1	-7,7	1,7	5,3
1728-2	-9,2	0,0	-6,3
1729-4	-15,4	-6,8	-3,5
1730-2	-6,2	3,4	24,5
1731-9	9,2	20,3	22,4
1733-5	-6,2	3,4	24,5
1734-2	-16,9	-8,5	3,8
1736-6	-12,3	-3,4	39,0
1737-1	-3,1	6,8	34,0
1738-5	-9,2	0,0	22,9
1739-2	-20,0	-11,9	33,3
1740-4	-3,1	6,8	23,5
1741-1	-9,2	0,0	-4,8
1742-5	3,1	13,6	21,8
1744-2	13,8	25,4	42,3
1745-7	-4,6	5,1	6,9
1746-1	-10,8	-1,7	1,8
1748-4	-26,2	-18,6	-11,1
1750-2	-6,2	3,4	5,2
1752-4	-15,4	-6,8	34,1
1753-2	-3,1	6,8	31,3
1754-1	-9,2	0,0	11,3
1755-2	-3,1	6,8	10,5

## Додаток Е 3

**Рівень прояву гетерозису за врожайністю тест-кросних гібридів жита  
озимого при використанні материнською формою  
зразка 1625-6, 2023–2025 рр.**

Лінія, зразок	Гетерозис		
	конкурсний	гіпотетичний	справжній
1701-3	-20,0	-14,8	13,0
1702-5	-23,1	-18,0	28,2
1703-2	-13,8	-8,2	14,3
1705-6	-9,2	-3,3	40,5
1706-1	-16,9	-11,5	35,0
1708-3	-12,3	-6,6	21,3
1710-2	-15,4	-9,8	3,8
1711-6	0,0	6,6	14,0
1712-1	-1,5	4,9	30,6
1714-1	6,2	13,1	35,3
1715-2	-12,3	-6,6	26,7
1716-3	-1,5	4,9	20,8
1717-4	-3,1	3,3	31,3
1718-2	1,5	8,2	11,9
1719-3	13,8	21,3	34,5
1721-2	-3,1	3,3	31,3
1722-4	-12,3	-6,6	-3,4
1723-6	-9,2	-3,3	31,1
1724-2	-4,6	1,6	24,0
1726-1	-16,9	-11,5	12,5
1727-1	-9,2	-3,3	3,5
1728-2	-4,6	1,6	-1,6
1729-4	-16,9	-11,5	-5,3
1730-2	3,1	9,8	36,7
1731-9	15,4	23,0	29,3
1733-5	-4,6	1,6	26,5
1734-2	-10,8	-4,9	11,5
1736-6	-21,5	-16,4	24,4
1737-1	-4,6	1,6	31,9
1738-5	-16,9	-11,5	12,5
1739-2	-24,6	-19,7	25,6
1740-4	3,1	9,8	31,4
1741-1	6,2	13,1	11,3
1742-5	20,0	27,9	41,8
1744-2	6,2	13,1	32,7
1745-7	-12,3	-6,6	-1,7
1746-1	-4,6	1,6	8,8
1748-4	-23,1	-18,0	-7,4
1750-2	-7,7	-1,6	3,4
1752-4	-12,3	-6,6	39,0
1753-2	3,1	9,8	39,6
1754-1	9,2	16,4	34,0
1755-2	6,2	13,1	21,1

## Додаток Е 4

## Вміст білка в зерні тест-кросних гібридів жита озимого, 2024-2025 рр.

Лінія, зразок	♀		Середнє	
	♂	1504-3		1625-6
1701-3		9,2	9,5	9,4
1702-5		11	8,4	9,7
1703-2		9,8	9,6	9,7
1705-6		12,5	10,2	11,4
1706-1		10	9,2	9,6
1708-3		10,2	8,4	9,3
1710-2		10,2	9,6	9,9
1711-6		11	10,4	10,7
1712-1		7,6	9,9	8,8
1714-1		11	11,4	11,2
1715-2		11,2	9,8	10,5
1716-3		8,0	11,2	9,6
1717-4		10,0	11,0	10,5
1718-2		11,0	8,2	9,6
1719-3		11,2	10,4	10,8
1721-2		10,0	11,0	10,5
1722-4		11,4	9,8	10,6
1723-6		10,8	10,2	10,5
1724-2		9,4	10,9	10,2
1726-1		11,4	9,2	10,3
1727-1		10,6	10,4	10,5
1728-2		10,4	10,8	10,6
1729-4		9,6	9,2	9,4
1730-2		9,8	11,8	10,8
1731-9		10,3	9,5	9,9
1733-5		8,8	10,8	9,8
1734-2		9,4	10,0	9,7
1736-6		10	8,6	9,3
1737-1		11,2	10,8	11,0
1738-5		10,4	9,2	9,8
1739-2		9,0	8,2	8,6
1740-4		11,2	11,8	11,5
1741-1		9,1	12,2	10,7
1742-5		10,7	9,6	10,2
1744-2		10,5	10,6	10,6
1745-7		10,8	9,8	10,3
1746-1		10,2	10,8	10,5
1748-4		8,2	8,4	8,3
1750-2		10,8	8,1	9,5
1752-4		9,6	9,8	9,7
1753-2		11,2	10,8	11,0
1754-1		9,5	9,6	9,6
1755-2		10,7	9,9	10,3
<i>HIP</i> <sub>05</sub>		0,3	0,4	—

## Додаток Е 5

**Рівень прояву гетерозису за вмістом у зерні білка окремих тест-кросних гібридів жита озимого при використанні материнською формою зразка 1504-3, 2023–2025 рр.**

Лінія, зразок	Гетерозис		
	конкурсний	гіпотетичний	справжній
1701-3	-12,4	-9,8	0,0
1702-5	4,8	7,8	25,0
1703-2	-6,7	-3,9	-3,9
1705-6	19,0	22,5	34,4
1706-1	-4,8	-2,0	25,0
1708-3	-2,9	0,0	8,5
1710-2	-2,9	0,0	-3,8
1711-6	4,8	7,8	-3,5
1712-1	-27,6	-25,5	-20,8
1714-1	4,8	7,8	7,8
1715-2	6,7	9,8	13,1
1716-3	-23,8	-21,6	-24,5
1717-4	-4,8	-2,0	4,2
1718-2	4,8	7,8	1,9
1719-3	6,7	9,8	6,7
1721-2	-4,8	-2,0	4,2
1722-4	8,6	11,8	-3,4
1723-6	2,9	5,9	16,1
1724-2	-10,5	-7,8	-1,1
1726-1	8,6	11,8	12,9
1727-1	1,0	3,9	-7,0
1728-2	-1,0	2,0	-14,8
1729-4	-8,6	-5,9	-11,9
1730-2	-6,7	-3,9	-1,0
1731-9	7,6	10,8	7,6
1733-5	-16,2	-13,7	-10,2
1734-2	-10,5	-7,8	-9,6
1736-6	-4,8	-2,0	22,0
1737-1	6,7	9,8	19,1
1738-5	-1,0	2,0	8,3
1739-2	-14,3	-11,8	15,4
1740-4	6,7	9,8	9,8
1741-1	-13,3	-10,8	-29,5
1742-5	1,9	4,9	2,9
1744-2	3,8	6,9	7,9
1745-7	2,9	5,9	-1,8
1746-1	-2,9	0,0	3,0
1748-4	-21,9	-19,6	-26,1
1750-2	2,9	5,9	2,9
1752-4	-8,6	-5,9	9,1
1753-2	6,7	9,8	9,8
1754-1	-9,5	-6,9	-14,4
1755-2	1,9	4,9	-12,3

## Додаток Е 6

**Рівень прояву гетерозису за вмістом у зерні білка окремих тест-кросних гібридів жита озимого при використанні материнською формою зразка 1625-6, 2023-2025 рр.**

Лінія, зразок	Гетерозис		
	конкурсний	гіпотетичний	справжній
1701-3	-9,5	-5,0	3,3
1702-5	-20,0	-16,0	-4,5
1703-2	-8,6	-4,0	-5,9
1705-6	-2,9	2,0	9,7
1706-1	-12,4	-8,0	15,0
1708-3	-20,0	-16,0	-10,6
1710-2	-8,6	-4,0	-9,4
1711-6	-1,0	4,0	-8,8
1712-1	-5,7	-1,0	3,1
1714-1	2,9	8,0	5,9
1715-2	-6,7	-2,0	-1,0
1716-3	6,7	12,0	5,7
1717-4	4,8	10,0	14,6
1718-2	-21,9	-18,0	-24,1
1719-3	1,9	7,0	1,9
1721-2	4,8	10,0	14,6
1722-4	-6,7	-2,0	-16,9
1723-6	-2,9	2,0	9,7
1724-2	3,8	9,0	14,7
1726-1	-12,4	-8,0	-8,9
1727-1	-1,0	4,0	-8,8
1728-2	2,9	8,0	-11,5
1729-4	-12,4	-8,0	-15,6
1730-2	12,4	18,0	19,2
1731-9	3,8	9,0	3,8
1733-5	2,9	8,0	10,2
1734-2	-4,8	0,0	-3,8
1736-6	-18,1	-14,0	4,9
1737-1	2,9	8,0	14,9
1738-5	-12,4	-8,0	-4,2
1739-2	-21,9	-18,0	5,1
1740-4	12,4	18,0	15,7
1741-1	16,2	22,0	-5,4
1742-5	5,7	11,0	6,7
1744-2	1,0	6,0	5,0
1745-7	-6,7	-2,0	-10,9
1746-1	2,9	8,0	9,1
1748-4	-20,0	-16,0	-24,3
1750-2	-22,9	-19,0	-22,9
1752-4	-6,7	-2,0	11,4
1753-2	2,9	8,0	5,9
1754-1	-8,6	-4,0	-13,5
1755-2	-5,7	-1,0	-18,9

## Додаток Е 7

## Натура зерна тест-кросних гібридів жита озимого, 2023-2025 рр.

Лінія, зразок	♀		Середнє	
	♂	1504-3		1625-6
1701-3		690	659	675
1702-5		691	687	689
1703-2		673	673	673
1705-6		701	692	697
1706-1		699	657	678
1708-3		695	647	671
1710-2		665	669	667
1711-6		695	659	677
1712-1		709	689	699
1714-1		692	709	701
1715-2		702	667	685
1716-3		688	697	693
1717-4		679	652	666
1718-2		685	698	692
1719-3		696	700	698
1721-2		687	697	692
1722-4		701	647	674
1723-6		693	667	680
1724-2		625	683	654
1726-1		700	647	674
1727-1		685	677	681
1728-2		675	697	686
1729-4		635	646	641
1730-2		695	704	700
1731-9		692	689	691
1733-5		689	697	693
1734-2		625	657	641
1736-6		655	687	671
1737-1		695	677	686
1738-5		688	647	668
1739-2		699	694	697
1740-4		700	698	699
1741-1		675	700	688
1742-5		708	681	695
1744-2		689	729	709
1745-7		695	643	669
1746-1		675	697	686
1748-4		688	677	683
1750-2		674	683	679
1752-4		635	647	641
1753-2		704	710	707
1754-1		703	701	702
1755-2		709	699	704
<i>НІР</i> <sub>05</sub>		7	6	—

## Додаток Е 8

**Рівень прояву гетерозису за показником натуре зерна окремих тест-кросних гібридів жита озимого при використанні материнською формою зразка 1504-3, 2023-2025 рр.**

Лінія, зразок	Гетерозис		
	конкурсний	гіпотетичний	справжній
1701-3	0,0	0,7	4,1
1702-5	0,1	0,9	2,7
1703-2	-2,5	-1,8	-0,7
1705-6	1,6	2,3	1,7
1706-1	1,3	2,0	0,9
1708-3	0,7	1,5	-0,7
1710-2	-3,6	-2,9	1,5
1711-6	0,7	1,5	1,6
1712-1	2,8	3,5	2,5
1714-1	0,3	1,0	3,3
1715-2	1,7	2,5	1,3
1716-3	-0,3	0,4	6,0
1717-4	-1,6	-0,9	0,3
1718-2	-0,7	0,0	-8,9
1719-3	0,9	1,6	3,6
1721-2	-0,4	0,3	-0,1
1722-4	1,6	2,3	3,5
1723-6	0,4	1,2	-0,7
1724-2	-9,4	-8,8	-7,8
1726-1	1,4	2,2	12,7
1727-1	-0,7	0,0	1,2
1728-2	-2,2	-1,5	-3,3
1729-4	-8,0	-7,3	-7,4
1730-2	0,7	1,5	-0,7
1731-9	0,3	1,0	1,0
1733-5	-0,1	0,6	0,1
1734-2	-9,4	-8,8	-8,8
1736-6	-5,1	-4,4	-4,7
1737-1	0,7	1,5	0,1
1738-5	-0,3	0,4	0,4
1739-2	1,3	2,0	3,9
1740-4	1,4	2,2	3,7
1741-1	-2,2	-1,5	-2,5
1742-5	2,6	3,4	8,1
1744-2	-0,1	0,6	3,3
1745-7	0,7	1,5	6,1
1746-1	-2,2	-1,5	0,6
1748-4	-0,3	0,4	0,6
1750-2	-2,3	-1,6	-2,9
1752-4	-8,0	-7,3	-7,6
1753-2	2,0	2,8	7,2
1754-1	1,9	2,6	3,7
1755-2	2,8	3,5	7,6

## Додаток Е 9

**Рівень прояву гетерозису за показником натури зерна окремих тест-кросних гібридів жита озимого при використанні материнською формою зразка 1625-6, 2023-2025 рр.**

Лінія, зразок	Гетерозис		
	конкурсний	гіпотетичний	справжній
1701-3	-4,5	-3,1	-0,6
1702-5	-0,4	1,0	2,1
1703-2	-2,5	-1,0	-0,7
1705-6	0,3	1,8	0,4
1706-1	-4,8	-3,4	-5,2
1708-3	-6,2	-4,9	-7,6
1710-2	-3,0	-1,6	2,1
1711-6	-4,5	-3,1	-3,7
1712-1	-0,1	1,3	-0,4
1714-1	2,8	4,3	5,8
1715-2	-3,3	-1,9	-3,8
1716-3	1,0	2,5	7,4
1717-4	-5,5	-4,1	-3,7
1718-2	1,2	2,6	-7,2
1719-3	1,4	2,9	4,2
1721-2	1,0	2,5	1,3
1722-4	-6,2	-4,9	-4,4
1723-6	-3,3	-1,9	-4,4
1724-2	-1,0	0,4	0,7
1726-1	-6,2	-4,9	4,2
1727-1	-1,9	-0,4	0,0
1728-2	1,0	2,5	-0,1
1729-4	-6,4	-5,0	-5,8
1730-2	2,0	3,5	0,6
1731-9	-0,1	1,3	0,6
1733-5	1,0	2,5	1,3
1734-2	-4,8	-3,4	-4,1
1736-6	-0,4	1,0	0,0
1737-1	-1,9	-0,4	-2,4
1738-5	-6,2	-4,9	-5,5
1739-2	0,6	2,1	3,1
1740-4	1,2	2,6	3,4
1741-1	1,4	2,9	1,2
1742-5	-1,3	0,1	4,0
1744-2	5,7	7,2	9,3
1745-7	-6,8	-5,4	-1,8
1746-1	1,0	2,5	3,9
1748-4	-1,9	-0,4	-1,0
1750-2	-1,0	0,4	-1,6
1752-4	-6,2	-4,9	-5,8
1753-2	2,9	4,4	8,1
1754-1	1,6	3,1	3,4
1755-2	1,3	2,8	6,1

**СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ*****Статті у наукових виданнях, включених******до Міжнародних наукометричних баз Scopus та Web of Science***

1. Novak Z. M., Riabovol L. O., Novak A. V., Liubchenko A. I., Liubchenko I. O., Diordiieva I. P., Synook I. V., Kulyk V. P., Fedorenko S. V., **Slidenko S. I.** Drought tolerance of developed wheat genotypes based on early diagnostics. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2025. 16(4), e25179. doi:10.15421/0225179 (*Особистий внесок Федоренка С. В.: аналіз літературних джерел, проведення досліджень, аналіз отриманих експериментальних даних, узагальнення результатів; внесок співавторів: загальне керівництво дослідженням, аналіз літературних джерел, обґрунтування мети досліджень і завдань, проведення досліджень, статистичний аналіз отриманих даних, обґрунтування висновків, підготовка статті до друку*).

***Статті у наукових фахових виданнях України***

2. Рябовол Я. С., Рябовол Л. О., **Сліденко С. І.** Оцінка створених інбредних ліній жита озимого за основними господарсько-цінними ознаками. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. РВВ Уманського НУС, 2024. Вип. 105. Ч. 1. : Сільськогосподарські науки. С. 112–117. DOI: [10.32782/2415-8240-2024-105-1-112-118](https://doi.org/10.32782/2415-8240-2024-105-1-112-118). (*Особистий внесок Сліденка С. І.: аналіз літературних джерел, проведення досліджень, аналіз отриманих результатів, статистичний аналіз отриманих даних, групування висновків; внесок співавторів: загальне керівництво дослідженням, аналіз літературних джерел, обґрунтування мети досліджень і завдань, підготовка статті до друку*).
3. Рябовол Я. С., **Сліденко С. І.** Оцінка резистентності до хвороб створених зразків жита озимого. *Збірник наукових праць*. Агробіологія,

- Білоцерківський національний аграрний університет. Біла Церква: БНАУ, 2025. № 1 (195). С. 153–162. DOI: 10.33245/2310-9270-2025-195-1-153-161. *(Особистий внесок Сліденка С. І.: аналіз літературних джерел, проведення досліджень, аналіз отриманих результатів, статистичний аналіз отриманих даних, групування висновків; внесок співавтора: загальне керівництво дослідженням, аналіз літературних джерел, обґрунтування мети досліджень і завдань, підготовка статті до друку).*
4. Рябовол Я. С., **Сліденко С. І.** Оцінка загальної комбінаційної здатності створених інбредних ліній жита озимого. *Збірник наукових праць Уманського НУ. РВВ Уманського НУ, 2025. Вип. 106. Ч. 1. : Сільськогосподарські науки. С. 74–81. DOI: 10.32782/2415-8240-2025-106-1-74-81. (Особистий внесок Сліденка С. І.: аналіз літературних джерел, проведення досліджень, аналіз отриманих результатів, статистичний аналіз отриманих даних, групування висновків; внесок співавтора: загальне керівництво дослідженням, аналіз літературних джерел, обґрунтування мети досліджень і завдань, підготовка статті до друку).*
5. **Сліденко С. І.**, Рябовол Я. С. Аналіз господарсько-цінних ознак створеної синтетичної популяції жита озимого. *Збірник наукових праць Уманського НУ. РВВ Уманського НУ, 2025. Вип. 107. Ч. 1. : Сільськогосподарські науки. С. 109–115. DOI: 10.32782/2415-8240-2025-107-1-109-115 (Особистий внесок Сліденка С. І.: аналіз літературних джерел, проведення досліджень, аналіз отриманих результатів, статистичний аналіз отриманих даних, групування висновків; внесок співавтора: загальне керівництво дослідженням, аналіз літературних джерел, обґрунтування мети досліджень і завдань, підготовка статті до друку).*

*Наукові праці, що засвідчують апробацію матеріалів дисертації*

6. Рябовол Я. С., Рябовол Л. О., **Сліденко С. І.**, Ненька О. В. Адаптація клонованого матеріалу жита озимого за перенесення з ізольованої культури в умови *ex vitro*. Матеріали XII Міжнародної наукової конференції «Селекційно-генетична наука і освіта» (Парієві читання). (20–22 березня 2023 р.). Умань: ВПЦ«Візаві». 2023. С. 219–221.
7. Рябовол Я. С., Рябовол Л. О., **Сліденко С. І.**, Ненька О. В., Канак О. В. Створення банку вихідного матеріалу жита озимого за використання культури *in vitro*. Матеріали VIII Всеукраїнської науково-практичної конференції «Генетика і селекція в сучасному агрокомплексі» Умань, 2023. С. 152–153.
8. Рябовол Л. О., Рябовол Я. С., **Сліденко С. І.** Умови формування морфогенної калюсної біомаси жита озимого. Матеріали XIII Міжнародної наукової конференції «Селекційно-генетична наука і освіта» (Парієві читання). (18–20 березня 2024 р.). Умань: ВПЦ«Візаві». 2024. С. 142–144.
9. Рябовол Я. С., Рябовол Л. О., **Сліденко С. І.**, Царук А. Б. Відбір та апробація перспективних ліній для селекційного процесу жита озимого. Матеріали IX Всеукраїнської науково-практичної конференції «Генетика і селекція в сучасному агрокомплексі» Умань, 2024. С. 133–135.
10. Рябовол Я. С., Рябовол Л. О., **Сліденко С. І.** Генетичні ресурси вихідного матеріалу в селекції жита озимого. Матеріали XIII Міжнародної науково-практичної конференції «Наукові засади підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва». (29 листопада 2024 р.). Харків: ДБТУ. 2024. С. 270–272.
11. Рябовол Я., Рябовол Л., **Сліденко С.**, Хоменко С. Аналіз інбредних ліній жита озимого на загальну комбінаційну здатність. Матеріали XIV Міжнародної наукової конференції «Селекційно-генетична наука і

освіта» (Парієві читання). (19–21 березня 2025 р.). Умань: ВПЦ«Візаві». 2025. С. 112–114.

12. Рябовол Я. С., Рябовол Л. О., **Сліденко С. І.** Використання маркерних генів за ведення гетерозисної селекції жита озимого. Матеріали Міжнародної інтернет-конференції «Наукове забезпечення виробництва конкурентоспроможної сільськогосподарської продукції в умовах формування екологічностійких агроландшафтів»: збірник тез міжнародної інтернет-конференції, 17 червня 2025 р. / М-во освіти і науки, Уманський НУ [та ін.], за заг. Ред. Щетини С.В. Умань, 2025. С. 122–123.
13. Рябовол Я. С., **Сліденко С. І.**, Рябовол Л. О. Вихідний матеріал в селекції жита озимого. Матеріали X Всеукраїнської науково-практичної конференції «Генетика і селекція в сучасному агрокомплексі» Умань, 2025. С. 118–120.

#### *Патенти*

14. Рябовол Л. О., Рябовол Я. С., **Сліденко С. І.**, Діордієва І. П. Патент на корисну модель № 161581 від 18.12.2025 р. (Україна). Спосіб контролю гібридності рослин жита озимого за геном Ln/Ln «світлі вузли стебла»; заявка № u 202502330 від 19.05.2025; Опубл. 17.12.2025, Бюл. № 51/2025. 4 с. (*частка авторства Сліденка С. І. 10 %*).
15. Рябовол Я. С., Рябовол Л. О., **Сліденко С. І.** Патент на корисну модель № 161582 від 18.12.2025 р. (Україна). Спосіб контролю стерильності рослин жита озимого за геном Ln/Ln «світлі вузли стебла»; заявка № u 202502332 від 19.05.2025; Опубл. 17.12.2025, Бюл. № 51/2025. 4 с. (*частка авторства Сліденка С. І. 10 %*).